

République Centrafricaine

Ministère de l'Environnement, des Eaux, Forêts, Chasses et Pêches

***Projet d'appui à la réalisation
des plans d'aménagement forestiers***

**Mode de calcul des paramètres pour
l'élaboration des plans d'aménagement**

Version provisoire 04

Luc Durrieu de Madron

**Groupement
CIRAD-Forêt / FORET RESSOURCES MANAGEMENT**

Mai 2001

SOMMAIRE

1. Rappel du contexte	1
2. Rappel de la méthodologie des inventaires d'aménagement	2
2.1. Stratification forestière	2
2.2. L'inventaire d'aménagement	2
2.2.1. Méthodologie générale d'inventaire	2
2.2.2. Classes de qualité	3
2.2.3. Les relevés de la régénération	3
3. La forêt Centrafricaine	4
3.1. Phytogéographie	5
3.2. Les districts forestiers	6
3.2.1. District forestier de la Mbaéré sur grès de Carnot – Bambio	6
3.2.2. District forestier de la Haute-Sangha	6
3.2.3. District forestier de la Basse Lobaye	6
3.2.4. District forestier de la Moyenne Sangha	6
3.3. Analyse comparative des formations végétales	7
4. Données écologiques sur les forêts denses tropicales et interprétation des structures observées en RCA	10
4.1. Données écologiques sur les forêts denses tropicales	10
4.2. Les structures diamétriques des principales essences exploitées en RCA	12
4.3. Conséquences de la disparition de nombreux semenciers	17
5. Détermination des DME et de la périodicité d'exploitation	22
5.1. Calcul de pourcentage de reconstitution à partir des structures diamétriques	24
5.1.1. Méthodologie générale	24
5.1.2. Que reconstituer ?	24
5.1.3. Essences prises en compte dans les calculs	26
Densité minimale par hectare pour calculer un pourcentage de reconstitution	26
Déclarer une essence inexploitable dans un PEA ?	26
5.1.4. Mode opératoire	26
5.1.5. Quels accroissements prendre en compte ?	31
5.1.6. Décréter un pourcentage de reconstitution seuil ?	32
Essai de reconstitution du nombre de tiges exploitable	32
Résultats du calcul de rotation avec un seuil de 50 %	32
Résultats du calcul de rotation avec un seuil de 100 %	33
Essai de reconstitution en volume	34
Utilisation d'un bonus ?	35
Effet du bonus sur une reconstitution du nombre de tiges	35
Effet du bonus sur une reconstitution en volume	35
En final, qu'utiliser ?	36
5.1.7. Utiliser un accroissement de la forêt post exploitation ?	36
5.1.8. Récapitulatif des bases de calcul de reconstitution	37
5.2. Adéquation économique de la remontée des DME	39
5.2.1. Différence de production de la forêt quand les DME sont remontés	39

5.2.2. L'analyse des conséquences économiques du relèvement du DME d'une espèce donnée	40
5.3. Le diamètre de fructification efficace	42
5.4. La régénération potentielle	42
5.5. Dégâts induits sur le peuplement	43
5.6. Présence de porte graines en nombre suffisant	43
ANNEXES	44
Liste des essences forestières à inventorier	45
Accroissements diamétriques connus	49

1. Rappel du contexte

Le présent document a pour objet l'élaboration des paramètres des plans d'aménagement qui seront réalisés dans le cadre du Projet d'Appui à la Réalisation des Plans d'Aménagement Forestier (PARPAF). Ces paramètres sont les calculs de la rotation, c'est à dire le temps séparant deux passages en coupe, et des DME¹ des différentes essences exploitées ou exploitables.

En effet, aménager une forêt de production nécessite notamment de déterminer la durée entre deux coupes de manière à permettre de nouvelles récoltes dans un laps de temps compatible avec une exploitation forestière rentable et durable tout en respectant les fonctions sociales et écologiques de la forêt. Cette rotation et ces DME doivent alors prendre en compte la croissance et la structure diamétrique des principales essences exploitées, mais aussi d'autres facteurs tels que le diamètre de fructification, la qualité des tiges par classe de diamètre et leur utilisation (export grume ou sciage, local) ainsi le bilan économique induit par la remontée éventuelle du DME.

Dans cette optique, des inventaires systématiques de la ressource ligneuse sont réalisés et le traitement de ces données est la base de la détermination de la rotation et des DME.

Certains des critères cités plus haut (accroissements, diamètre de fructification, régénération après exploitation...) sont encore basés sur des connaissances scientifiques insuffisantes mais des recherches sont en cours en RCA ou dans des pays voisins, promettant des résultats utilisables sous peu pour certaines essences. De plus, des études seront mises en place dans le cadre même du PARPAF. Il n'en reste pas moins que certaines données manqueront toujours et que les méthodes d'aménagement proposées dans ce document seront toujours perfectibles.

¹ DME = Diamètre minimum d'exploitabilité

2. Rappel de la méthodologie des inventaires d'aménagement

2.1. Stratification forestière

Chaque PEA a fait l'objet d'une stratification afin de délimiter les zones de forêt productive qui seront inventoriées. Cette zone de forêt productive comprend les zones non encore exploitées et celles déjà exploitées.

2.2. L'inventaire d'aménagement

2.2.1. Méthodologie générale d'inventaire

L'inventaire est réalisé sur toute la surface de la forêt productive, selon le principe d'un échantillonnage systématique.

Le taux de sondage est compris entre 0,5 et 2,5 % pour impliquer une marge d'erreur de 10 à 15 % au seuil de probabilité de 95 % sur le volume exploitable. Ainsi, pour une erreur de 10 %, si le volume estimé est de 100 m³, le volume réel est compris entre 90 et 110 m³ avec une chance sur vingt de se tromper.

Des unités élémentaires de sondage, appelées placettes d'inventaire sont positionnées le long de layons d'inventaire ouverts et matérialisés en forêt.

Seules les essences commercialisées actuellement et commercialisables à moyen terme ont été inventoriées selon une liste minimale de 76 essences (Cf. annexe 1). Les tiges des autres essences ont été mesurées mais pas identifiées botaniquement.

Tous les arbres d'espèces prises en compte dont le diamètre est au moins égal à 30 cm ont été comptabilisés dans l'inventaire, sur les 200 x 25 mètres de la parcelle (0,5 ha).

Un sous-placeau pour l'inventaire de la régénération potentielle (arbres des espèces prises en compte de diamètre compris entre 10 et 30 cm) est situé sur les 50 premiers mètres de la placette (soit 50 m x 25 m = 0,125 ha). Ces petites tiges sont comptées en plus des arbres de diamètre supérieur à 30 cm.

2.2.2. Classes de qualité

Des relevés portant sur la qualité du fût sont notés pour tous les arbres ayant atteint un diamètre de plus de 60 cm à 1,30 m du sol ou au dessus des contreforts.

Les classes de qualité suivantes ont été utilisées :

- la classe A : ce sont les arbres très bien conformés (qualité export) ;
- la classe B : ce sont les arbres présentant un ou plusieurs défauts ;
- la classe C : tous les arbres qui n'ont pas pu être cotés A ou B et qui sont donc inutilisables par l'industrie sauf comme bois de feu ou charbon de bois.

2.2.3. Les relevés de la régénération

Afin de mieux connaître les dynamiques et les répartitions des très jeunes tiges d'un groupe d'essences couramment commercialisées, l'abondance des très jeunes tiges (diamètre inférieur à 10 cm) des essences dont la liste suit ont été relevées.

Tableau 1 : Liste des espèces prises en compte lors des relevés de régénération

Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Doussié	<i>Afzella bella</i>
Acajou	<i>Khaya spp.</i>	Fraké	<i>Terminalia superba</i>
Aniégré	<i>Aningeria altissima</i>	Iroko	<i>Milicia exelsa</i>
Ayous	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Kossipo	<i>Entandrophragma candollei</i>
Bété	<i>Mansonia altissima</i>	Kotibé	<i>Nesogordonia papaverifera</i>
Azobé	<i>Lophira alata</i>	Mukulungu	<i>Autranella congolensis</i>
Bossé clair	<i>Guarea cedrata</i>	Padouk rouge	<i>Pterocarpus soyauxii</i>
Bossé foncé	<i>Guarea laurentii</i>	Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i>	Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>

Des espèces secondaires, mais présentant des dynamiques de régénération très fortes ont également été relevées.

Les différents stades de développement relevés sont :

- semis ou plantule (hauteur < 0,3 m) ;
- les tiges comprises entre 30 cm et 1,5 m de hauteur ;
- les tiges de hauteur > 1,5 m et de diamètre < 10 cm.

3. La forêt Centrafricaine

D'après la description faite dans les documents du PARN, s'inspirant elle-même largement de Boulvert (1986), la Centrafrique se situe à la limite nord-est de la forêt équatoriale africaine. Celle-ci est représentée par deux massifs forestiers importants : le massif forestier du sud-ouest centrafricain et le massif de Bangassou.

La forêt productive, d'une superficie estimée de 53 000 km², couvre 9 % du territoire centrafricain. Celle-ci représente 3,9 % de l'ensemble de la forêt équatoriale africaine. La Centrafrique se situe ainsi au cinquième rang des pays situés en tout ou en partie en forêt équatoriale africaine devant donc la Côte-d'Ivoire.

Le massif forestier du sud-ouest de la Centrafrique, d'une superficie estimée à 37 500 km², est délimité à l'est par le fleuve Oubangui, au sud par la frontière congolaise et à l'ouest par la frontière camerounaise jusqu'au 4° de latitude nord. Sa limite nord est très irrégulière. À la faveur de la rivière Mambéré, elle remonte jusqu'à Carnot (5° N) puis, s'incurve graduellement vers le sud jusqu'au voisinage de la confluence de la Lobaye, de la Bodingué et de la Mbaéré. De ce point, elle remonte régulièrement pour rejoindre le fleuve à la hauteur de Bangui. Sept unités biophysiques relativement homogènes, appelées à devenir des unités d'aménagement, ont été délimitées et décrites.

Des 300 essences recensées dans le massif forestier, à eux seuls, le Sapelli et l'Ayous constituent plus de 80 % du volume exploité (70 % des grumes exportées). Une quinzaine d'autres sont exploitées à raison de quelques dizaines ou centaines de tiges annuellement. L'exploitation de l'Aniégré a fortement progressé. Les grumes d'Aniégré sont équivalentes à 8,2 % des grumes exportées (cf. tab. 2).

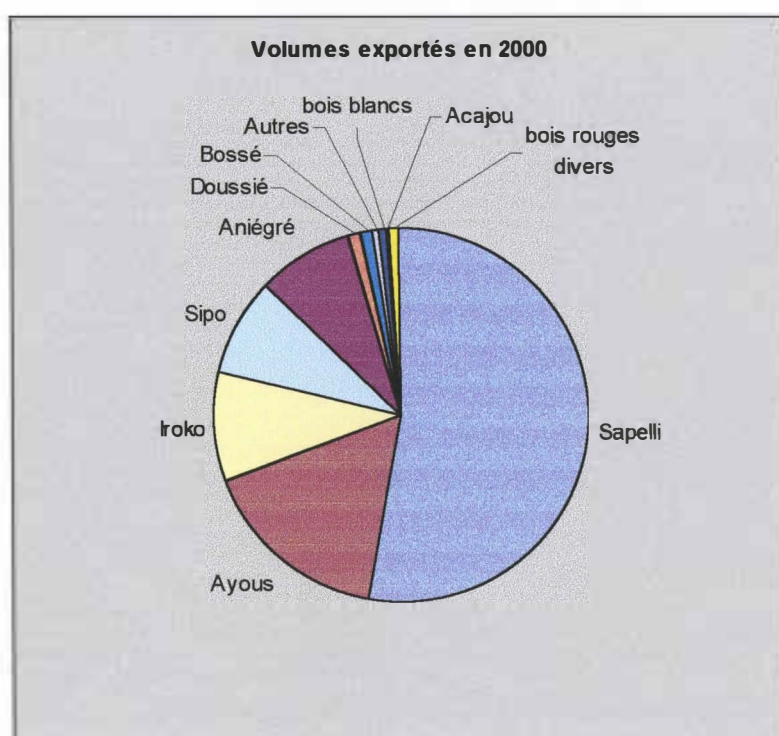


Tableau 2 : exportation de grumes au port de Douala en provenance de RCA en 2000, volumes toutes qualités confondues

Essence	Volume (m ³)	Pourcentage
Acajou	678	0,36%
Aniégré	15490	8,23%
Autres	1245	0,66%
Ayous	30406	16,15%
Bété	155	0,08%
Bossé	1733	0,92%
Dibétou	236	0,13%
Doussié	2422	1,29%
Iroko	18032	9,58%
Kossipo	167	0,09%
Lati	40	0,02%
Padouk	14	0,01%
Sapelli	99645	52,91%
Sipo	16175	8,59%
Tiama	122	0,06%
bois blancs divers	1105	0,59%
bois rouges divers	647	0,34%
Total	188312	100%

3.1. Phytogéographie

La forêt dense dans le massif forestier du sud-ouest de la Centrafrique suit approximativement la rivière Kadéï, entre Gamboula (4°05'N) et Sosso (3°50'N). Sur les grès de Carnot, la forêt est beaucoup mieux conservée. Elle monte jusqu'à 4°40'N et dépasse même 5°N le long de la Mambéré. Retrouvant le socle précambrien, elle redescend jusqu'à 4°05'N pour remonter jusqu'à la Pama, à 4°30'N, à proximité de Bangui.

À l'exception de l'appendice situé au nord de la ville de Carnot situé en domaine soudano-guinéen, le massif forestier appartient au domaine congo-guinéen. Sur la base des renseignements fournis par l'inventaire forestier de la Lobaye, Aubréville (1964) la décrivait comme une forêt semi-décidue à Ulmacées, Sterculiacées, Sapotacées et Méliacées.

Des arbres géants comme le Mukulungu (*Austranella congolensis*), le Manilkara (*Manilkara bidentata*), les *Entandrophragma* (Tiama, Kossipo, Sapelli, Sipo) seraient, les témoins d'une ancienne forêt primaire alors que les essences comme l'Essessang (*Ricinodendron heudelotii*) ou l'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*) indiqueraient sa secondarisation.

Cette secondarisation serait ancienne; c'est du moins ce que semblent indiquer des essences comme l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) et le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) dont l'abondance, élevée dans les strates dominantes, diminue dans les étages inférieurs.

Quatre districts forestiers ont été reconnus à travers le massif du sud-ouest. Cette notion de "district forestier" réfère à un découpage de la végétation en fonction de différences majeures d'ordre biophysique et, en l'occurrence, de la pédologie et de la géomorphologie.

3.2. Les districts forestiers

3.2.1. District forestier de la Mbaéré sur grès de Carnot – Bambio

Ce district forestier est le plus vaste de la zone inventoriée ; il couvre une superficie de 1 686 232 ha, soit 44 % de l'ensemble du territoire. Il est occupé par une forêt primaire très peu secondarisée ayant été délaissée par les populations en raison principalement de la rareté de l'eau.

Ces forêts se particularisent par l'absence de l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) et l'abondance du Tchitola (*Oxystigma oxyphyllum*), de l'Essia (*Petersianthus macrocarpus*), du Dibétou (*Lovoa trichilioides*) et du Mukulungu (*Autranella congolensis*).

La composition de cette forêt se nuance selon les secteurs géographiques considérés. C'est ainsi que des essences abondantes au centre du plateau deviennent rares en lisière ; c'est le cas du Tchitola. À l'inverse, des essences présentes au centre voient leur importance croître sur la lisière ; c'est le cas du Fraké (*Terminalia superba*), de l'Essia, du Kossipo (*Entandrophragma cazndollei*), du Dibétou et du Dabéma (*Piptadeniastrum africanum*).

3.2.2. District forestier de la Haute-Sangha

Ce district s'étend sur une superficie de 802 804 ha, soit 21 % du territoire inventorié.

Au contraire des forêts du district précédent, celles appartenant au district forestier de la Haute-Sangha apparaissent « remaniées, secondarisées et ceci profondément vers l'intérieur comme en témoignent l'abondance de Mépépé (*Albizzia sp.*), d'Essessang (*Ricinodendron heudelotii*), de Fromager (*Ceiba pentandra*) et d'Emien (*Alstonia boonei*) ».

Les essences commerciales les mieux représentées sont : l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) et le Fraké (*Terminalia superba*) et le Bété (*Mansonia altissima*).

3.2.3. District forestier de la Basse Lobaye

Ce district forestier couvre 845 443 ha comptant pour 23 % de la superficie totale de la zone inventoriée.

Ces forêts s'apparentent à celles du district forestier précédent bien qu'on note une fréquence plus élevée de Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) et une abondance moindre de Fraké (*Terminalia superba*).

3.2.4. District forestier de la Moyenne Sangha

Ce district a une superficie de 450 443 ha et occupe 12 % de la superficie du territoire. La forêt semi-caducifoliée forme une mosaïque avec la forêt sempervirente à *Gilbertiodendron dewevrei*. Les forêts ripicoles se particularisent avec le Bubinga rouge (*Guibourtia demeusei*) et le Rikio de montagne (*Uapaca guineensis*).

3.3. Analyse comparative des formations végétales

Préalablement à toute description, il existe de deux séries de végétation conduisant à la forêt primaire. La première se développe sur les sables de Carnot du Plateau de Gadzi alors que la seconde se rencontre ailleurs sur le territoire inventorié.

Précisons tout de suite que trois faciès ont été définis et délimités sans que soit mentionnée sur carte leur appartenance à l'une ou l'autre des séries de végétation.

La forêt semi-caducifoliée primaire couvre une superficie de 2 055 926 ha soit 54,3 % de l'ensemble du massif forestier.

Le faciès typique (DHC) est le plus important des trois faciès formant cette forêt semi caducifoliée et occupe 1 091 201 ha, soit 28,8 % du territoire (Cf. tab. 3a). Bien que leur appartenance à l'une ou l'autre des séries de végétation ne soit pas spécifiée sur la carte forestière, la composition des divers faciès se nuance en fonction de cette appartenance.

Ce faciès typique est présent partout sur le territoire, mais plus faiblement dans les unités d'aménagement V, VI et VII². Dans le cas des unités d'aménagement "Les Basses Terres de la Lobaye" (UA-VII) et du "Plateau de Boukoko" (UA-VI) cette représentation est respectivement de 6 et de 2 %. Cette faible représentation est imputable aux interventions combinées de l'exploitation forestière et de l'agriculture. Quant à l'unité du "Bassin versant de la Mbaéré" (UA-V) elle est plutôt liée à l'occurrence des chablis et à la coupe forestière.

Le tableau 3b contient les éléments de l'analyse comparative amorcée à partir de l'importance relative des principales essences telle que révélée à travers les tiges des essences dont les tiges ont plus de 30 cm de diamètre et ont une surface terrière supérieure 25 m²/km².

² L'unité d'aménagement utilisée par le PARN intègre dans sa définition une dimension biophysique non étrangère à la notion de "district forestier" tel que défini et délimité par Boulvert (1986). Ainsi, on peut établir les équivalences suivantes :

Unités d'aménagement	District forestier
I	Haute Sangha
II IV V	Mbaéré sur grès de Carnot
III	Moyenne Sangha
VI VII	Basse Lobaye

Tableau 3a : Répartition des superficies des différents terrains par strate (en km²) (issu du PARN)

MASSIF FORESTIER DU SUD-OUEST CENTRAFRICAIN											
		DOMAINE FORESTIER				DOMAINE NON-FORESTIER					TOTAL
		ACCESSIBLE	INACCESSIBLE		TOTAL	COULOIR ROUTIER	PARC ET RÉSERVE	CULTURE	AUTRES	TOTAL	
			DRAINAGE	PENTE							
TERRAIN FORESTIER											
PRODUCTIF (forêt dense)											
Forêt primaire											
semi-caducifolié											
typique DHC 3 607 - 3 607 28 - 28 3 635											
perturbée DHP 468 - 468 0 - 0 468											
jeune DHJ 308 - 308 0 - 0 308											
sempervirente											
peuplement de limbali DHS - - - - -											
marécageuse FM 393 393 393 11 - 11 405											
Forêt secondaire											
adulte SA 1 437 - 1 437 154 - 154 1 592											
jeune SJ 384 - 384 58 - 58 442											
ORIGINE											
Forêt en régénération RF - - - - -											
TOTAL PRODUCTIF		6 204	393	393	6 597	252	-	-	-	252	6 850
IMPRODUCTIF (forêt claire)											
Savane herbeuse SH 41 - 41 10 - 10 51											
Savane arborée SB 116 - 116 28 - 28 144											
Dénudé sec DS 11 - 11 2 - 2 13											
Raphiale R 84 84 1 - 85											
Dénudé humide DH 3 3 3 - 3											
TOTAL IMPRODUCTIF		167	87	87	255	42	-	-	-	42	296
TOTAL TERRAIN FORESTIER		6 372	480	480	6 852	294	-	-	-	294	7 146

TERRAIN MIXTE											
Forêt secondaire adulte et culture SA-CU - - 15 - 30 - 45 45											
Forêt secondaire jeune et culture SJ-CU - - 43 - 40 - 84 84											
Culture et forêt secondaire adulte CU-SA - - 3 - 2 - 5 5											
Culture et forêt secondaire jeune CU-SJ - - 20 - 27 - 47 47											
TOTAL TERRAIN MIXTE		-	-	-	-	-	-	100	-	181	181

TERRAIN NON-FORESTIER											
Culture											
Complexe cultural CC - - 38 - 38 - 75 75											
Culture abandonnée CA - - 11 - 6 - 17 17											
Culture-friche CU-FR - - 7 - 0 - 7 7											
Friche-culture FR-CU - - 3 - 1 - 4 4											
Friche FR - - 3 - 34 - 37 37											
Plantation PL - - - - -											
Autres											
Eau EA - - 4 - - 41 41											
Ville VI - - 3 - 0 - 4 4											
Village LO - - - - -											
TOTAL TERRAIN NON-FORESTIER		-	-	-	-	68	-	79	38	185	185

Tableau 3b : Volume des tiges de diamètre exploitable (m^3/km^2), toutes qualités confondues et précision des résultats (données du PARN)

Essence	UA-I		UA-II		UA-III		UA-IV		UA-V		UA-VI		UA-VII	
Acajou à grandes folioles	4 ±	133%			10 ±	89%							6 ±	114%
Acajou blanc	8 ±	79%	4 ±	95%	52 ±	78%			3 ±	114%	47 ±	72%	3 ±	146%
Azobé	26 ±	65%	10 ±	50%	24 ±	44%	36 ±	49%	33 ±	40%	32 ±	70%	26 ±	56%
Bété	330 ±	17%	90 ±	24%			2 ±	196%	7 ±	79%			6 ±	93%
Bossé clair	16 ±	52%	10 ±	95%	10 ±	75%	6 ±	77%	8 ±	60%	11 ±	107%	1 ±	142%
Bossé foncé	7 ±	61%			20 ±	49%	1 ±	196%			1 ±	196%	2 ±	150%
Bubinga rouge					1 ±	148%					8 ±	158%	238 ±	30%
Dibétou	17 ±	59%	86 ±	32%	10 ±	77%	33 ±	55%	61 ±	36%	23 ±	87%	22 ±	54%
Doussié					2 ±	15%	7 ±	93%	3 ±	146%			12 ±	64%
Doussié rouge	6 ±	54%	14 ±	95%	1 ±	196%	0		2 ±	117%	3 ±	196%	21 ±	62%
Ebène	14 ±	32%	21 ±	33%	21 ±	25%	9 ±	27%	10 ±	45%	56 ±	29%	18 ±	32%
Iroko	88 ±	30%	82 ±	35%	13 ±	99%	3 ±	98%	11 ±	56%	47 ±	55%	128 ±	24%
Kosipo	36 ±	46%	91 ±	35%	64 ±	44%	82 ±	35%	72 ±	39%	50 ±	70%	14 ±	71%
Kotibé	12 ±	36%	8 ±	58%	11 ±	45%	9 ±	54%	2 ±	101%	16 ±	147%	15 ±	56%
Kotibé parallèle	10 ±	54%	8 ±	68%	13 ±	55%	8 ±	50%	7 ±	69%	7 ±	110%	0	-
Mukulungu	6 ±	112%	272 ±	28%	41 ±	76%	194 ±	29%	205 ±	26%	139 ±	58%	25 ±	78%
Padouk blanc	1 ±	196%							1 ±	196%				-
Padouk rouge	158 ±	14%	168 ±	17%	144 ±	26%	99 ±	30%	101 ±	21%	57 ±	57%	96 ±	20%
Sapelli	301 ±	16%	603 ±	15%	378 ±	19%	435 ±	16%	378 ±	18%	247 ±	31%	113 ±	33%
Sipo	24 ±	66%	43 ±	67%	33 ±	59%	36 ±	64%	33 ±	68%	27 ±	125%	13 ±	125%
Tali	66 ±	23%	14 ±	58%	68 ±	34%	57 ±	35%	37 ±	37%	25 ±	78%	59 ±	34%
Tali yaoundé	31 ±	33%	12 ±	74%	17 ±	54%	23 ±	53%	22 ±	61%	17 ±	92%	5 ±	161%
Tchitola	53 ±	36%	50 ±	43%	67 ±	38%	282 ±	18%	88 ±	28%	5 ±	196%		-
Tiama	12 ±	58%	46 ±	41%	17 ±	57%	72 ±	35%	43 ±	37%	54 ±	65%	32 ±	50%
Tola					3 ±	127%	11 ±	63%	2 ±	154%			1 ±	196%
Wengé									0	-			1 ±	143%
Lalawe									1 ±	196%				-
Catégorie 1	1223 ±	6%	1666 ±	9%	979 ±	11%	1405 ±	9%	1134 ±	10%	871 ±	17%	856 ±	12%
Ailé	14 ±	82%	87 ±	45%	8 ±	72%	13 ±	51%	37 ±	38%	8 ±	141%	30 ±	52%
Angueuk	37 ±	25%	68 ±	22%	42 ±	32%	96 ±	18%	75 ±	16%	36 ±	58%	19 ±	46%
Aningré	25 ±	42%	22 ±	43%	6 ±	87%	0		3 ±	116%	116 ±	34%	125 ±	20%
Avodiré	2 ±	152%	1 ±	196%										-
Ayous	984 ±	14%	555 ±	19%	902 ±	22%	1 ±	196%	29 ±	44%	1612 ±	20%	1729 ±	10%
Bakoko	8 ±	76%	5 ±	72%	4 ±	59%	9 ±	55%	3 ±	63%	6 ±	102%	20 ±	59%
Bodia	31 ±	38%	22 ±	44%	27 ±	40%	53 ±	30%	26 ±	35%	40 ±	60%	22 ±	43%
Bongo	9 ±	54%	2 ±	84%	10 ±	54%	4 ±	63%	1 ±	105%	3 ±	116%	5 ±	71%
Dabéma	58 ±	27%	69 ±	34%	56 ±	39%	84 ±	36%	155 ±	25%	88 ±	57%	125 ±	30%
Ebiara	24 ±	66%	30 ±	10%	24 ±	93%	4 ±	196%	5 ±	124%	6 ±	149%	13 ±	87%
Etimolé	4 ±	68%	31 ±	50%	13 ±	55%	244 ±	18%	83 ±	29%			4 ±	101%
Eyong	69 ±	21%	76 ±	23%	37 ±	33%	19 ±	42%	24 ±	39%	58 ±	45%	107 ±	19%
Eyoum	7 ±	48%	8 ±	54%	14 ±	40%	24 ±	42%	8 ±	53%	3 ±	117%	1 ±	144%
Fraké	1038 ±	8%	659 ±	13%	427 ±	17%	40 ±	39%	101 ±	26%	315 ±	25%	759 ±	12%
Kékélé	60 ±	24%	24 ±	38%	13 ±	66%	1 ±	123%	5 ±	68%	20 ±	66%	14 ±	66%
Kibakoko	0	-			6 ±	143%	5 ±	148%						-
Koto	100 ±	16%	56 ±	32%	55 ±	42%	2 ±	127%	4 ±	109%	36 ±	62%	67 ±	27%
Limbali	1 ±	140%			743 ±	33%								-
Longhi	18 ±	43%	27 ±	41%	23 ±	61%	15 ±	50%	17 ±	36%	84 ±	37%	46 ±	26%
Mambodé	21 ±	48%	20 ±	67%	25 ±	66%	13 ±	62%	12 ±	75%	31 ±	77%	45 ±	38%
Mombondo							1 ±	140%	3 ±	100%				-
Muana													2 ±	116%
Ngoula	22 ±	65%	15 ±	62%	25 ±	67%	30 ±	61%	63 ±	42%	7 ±	133%	5 ±	123%
Niové	16 ±	34%	51 ±	24%	60 ±	21%	137 ±	13%	91 ±	17%	87 ±	40%	126 ±	18%
Oboto	6 ±	65%	17 ±	51%	21 ±	49%	68 ±	26%	45 ±	38%	37 ±	65%	12 ±	74%
Ossol	0	-			1 ±	196%							6 ±	196%
Ohia	194 ±	14%	226 ±	15%	173 ±	15%	162 ±	15%	90 ±	22%	352 ±	17%	464 ±	11%
Ohia parallèle	164 ±	13%	130 ±	19%	238 ±	19%	21 ±	37%	30 ±	30%	125 ±	29%	270 ±	13%
Osanga							0							-
Padouk de rivière													2 ±	117%
Pao rosa	1 ±	18%	3 ±	93%	4 ±	107%	5 ±	64%	2 ±	85%			1 ±	196%
Sougué à gdes feuilles	3 ±	99%	13 ±	62%	6 ±	76%	28 ±	47%	18 ±	11%	11 ±	11%	15 ±	66%
Sougué à ptes feuilles														-
Vesambata							9 ±	47%	3 ±	86%	45 ±	56%	7 ±	62%
Wamba	15 ±	43%	6 ±	108%	52 ±	29%	82 ±	19%	32 ±	29%	5 ±	127%	5 ±	106%
Wamba foncé	4 ±	76%	3 ±	86%	3 ±	90%	13 ±	50%	8 ±	100%			1 ±	196%
Sopokombo	0	-			1 ±	140%								-
Catégorie 2	4157 ±	5%	3841 ±	5%	3996 ±	8%	2590 ±	6%	2107 ±	6%	3991 ±	9%	4906 ±	5%
Catégorie 1 - 2	2934 ±	6%	2175 ±	7%	3017 ±	11%	1184 ±	7%	974 ±	8%	3120 ±	11%	4050 ±	6%
Catégorie 3	2706 ±	4%	2696 ±	5%	1698 ±	7%	2686 ±	4%	2533 ±	4%	2251 ±	8%	1944 ±	6%
Catégorie 1 - 2 - 3	6864 ±	3%	6537 ±	4%	5694 ±	6%	5276 ±	3%	4640 ±	4%	6242 ±	6%	6850 ±	4%

4. Données écologiques sur les forêts denses tropicales et interprétation des structures observées en RCA

4.1. Données écologiques sur les forêts denses tropicales

L'une des caractéristiques fondamentales des forêts denses tropicales est le grand nombre d'espèces qu'on y trouve, pouvant en renfermer près de trois cents à l'hectare. Une conséquence de cette diversité est que les individus d'une espèce donnée ne se rencontrent en général qu'à de très faibles densités.

La reproduction d'une essence est une question déterminante pour la pérennité de la ressource. Très peu d'essences forestières produisent une fructification assurée chaque année, à une saison bien définie et prévisible.

Il existe une très grande diversité des types de fruits produits par les arbres tropicaux, dont beaucoup sont très riches en protéines, amidon ou sucres, et très « coûteux » à produire pour l'arbre. Il semble que ces derniers soient destinés à être mangés afin que les graines qu'ils contiennent soient transportées ailleurs, si elles ne sont pas détruites lors de l'ingestion des fruits.

La dispersion des semences présente pour les plantes au moins trois avantages écologiques. Tout d'abord, des graines dispersées ont une plus grande probabilité d'échapper au surpeuplement et la mortalité qui se produisent inévitablement sous le pied-mère. D'autre part, la dispersion permet aux graines de propager l'espèce dans de nouveaux habitats. Et enfin, certains types de dispersion peuvent amener la graine à l'endroit précis où elle disposera les meilleures conditions de germination et de croissance. Il existe plusieurs modes de dispersion outre les fruits comestibles : le vent, l'enfouissement des graines par les animaux...

Le fait qu'une graine arrive au sol sans encombre ne garantit en aucune façon qu'elle germera et s'établira sous le couvert. Elle devra éviter d'être mangée (contrairement à beaucoup de fruits qui sont faits pour ça), rencontrer des conditions appropriées de lumière, d'humidité et de fertilité du sol pour sa germination et ensuite germer et pousser plus vite que les graines de toutes les autres espèces qui cherchent à s'établir au même endroit. Il y a une forte probabilité que la graine, dans l'intervalle entre sa dispersion et sa germination, entrera en contact avec un animal. Dans la plupart des cas, ce contact s'avère fatal pour la graine. Plus de 98 % des semences de certaines essences forestières sont victimes de la prédation des rongeurs, des fourmis, des termites, des charançons, des coléoptères...

Ensuite de nouveaux dangers guettent le semis installé : manque de lumière, écrasement, concurrence, abrutissement...

Seule une très faible fraction des semis (environ 1 sur un million et demi, toutes espèces confondues) parviendra un jour à l'étage dominant et produira des fruits.

On peut distinguer :

➤ **Les essences d'ombre, de forêt primaire**

Ces essences sont représentées par de nombreuses essences de l'étage dominant.

Les graines de ces essences sont généralement peu nombreuses et de grande taille, avec d'abondantes réserves. Elles ne présentent peu ou pas de dormance. Ce groupe d'essences est très résistant à l'ombre et possède un système de photosynthèse adapté à des conditions de fort ombrage. Leur croissance est relativement lente et leur bois peut avoir une densité très élevée. Les arbres de forêt primaire peuvent vivre plusieurs centaines d'années et atteindre une hauteur de plus de 60 mètres.

Leurs graines germent dans l'ombre et les jeunes semis poussent jusqu'au moment où ils ont formé deux ou trois feuilles. Ils semblent alors entrer dans un état de stagnation et ne poussent plus ou presque plus en hauteur. Cette condition physiologique n'a que deux issues possibles : ou bien les semis meurent lentement avec le temps ou bien ils sont « libérés » par la formation d'une trouée au dessus d'eux.

Lors de l'ouverture d'une trouée dans la canopée (chute d'un arbre), une grande partie des semis de ces essences qui ont réussi à survivre sous un couvert fermé montreront une nette augmentation de leur croissance en réponse à l'éclairement accru.

Il suffit d'une trouée de petite taille pour activer ces semis d'essence d'ombre. On peut citer les méliacées (Sapelli, Sipo, Kossipo, Tiama, Dibétou...).

➤ **Les essences de lumière**

✓ *Les essences pionnières*

Les essences pionnières persistent pendant longtemps dans le sol à l'état de semences dormantes. Leurs graines qui sont de petite taille et produites en abondance ont besoin d'être stimulées par la création d'une large trouée (accroissement de la température du sol ou de l'intensité lumineuse) pour germer. Une fois la germination acquise, ces essences montrent un taux extrêmement élevé de photosynthèse et de croissance. En conséquence, leur bois est de faible densité. Les essences pionnières atteignent vite leur maturité de reproduction et meurent jeunes (de l'ordre de 10 à 25 ans).

Ces essences ont besoin de larges trouées pour s'installer. On peut citer comme exemple d'essence pionnière les parasoliers et les Macaranga.

✓ *Les essences de forêt secondaire*

Les essences de forêt secondaire représentent un groupe écologique intermédiaire entre les essences de forêt primaire et les essences pionnières. Ce sont en règle générale des essences de lumière mais leurs graines ne montrent pas une dormance aussi marquée que les essences pionnières et il leur suffit de trouées moins larges pour germer. La dispersion des semences vers les trouées est facilitée par le vent et les oiseaux, chauves souris ou mammifères terrestres. Les essences de forêt secondaire ont une croissance rapide et une photosynthèse maximale à l'instar de nombreuses espèces pionnières, mais elles atteignent de bien plus grandes dimensions et persistent

pendant plus longtemps dans l'étage dominant. La densité de leur bois est variable, mais généralement inférieure à celle des essences de forêt primaire.

On peut citer comme exemple d'essence de lumière l'Ayous, le Fraké...

Le tableau 4 ci dessous résume les différentes caractéristiques des trois grands groupes décrits auparavant. Il faut garder à l'esprit que c'est une classification simplificatrice et qu'il existe toute sortes d'espèces aux comportements intermédiaires.

Tableau 4 : Caractéristiques écologiques générales en zone tropicale des essences pionnières, des essences de forêt secondaire et de forêt primaire

Caractéristique	Essence pionnière	Essence de forêt secondaire	Essence de forêt primaire
Répartition	Très large	Très large	Généralement restreinte
Dormance des graines	Forte	Légère à modérée	Nulle
Taille des graines ou des fruits	Petits	Petits a moyens	Grande taille
Tolérance à l'ombre	Très faible	Nulle	Semis très tolérants ensuite non tolérants
Taille des trouées requisse	Large	Intermédiaire	Petite
Abondance des semis	Très disséminés	Généralement disséminés	Abondants
Rapidité de croissance	Très rapide	Rapide	Lente à très lente
Densité du bois	Faible	Légère à moyenne	Très élevée
Longévité	10 à 25 ans	40 à 100 ans, parfois plus	100 ans et plus

4.2. Les structures diamétriques des principales essences exploitées en RCA

Un critère d'évaluation de la stratégie biologique d'une espèce est son aptitude à recruter de nouveaux individus pour maintenir sa population. Plus cette stratégie est efficace, plus longtemps la population pourra se maintenir dans la forêt. Une méthode pour mesurer cette efficacité consiste à observer la fréquence et l'abondance de semis qui s'installent sur une période de plusieurs dizaines d'années et à enregistrer l'accroissement ou la diminution de la taille de la population avec le temps. Heureusement, il n'est pas toujours nécessaire de suivre cette démarche longue et laborieuse. Dans de nombreux cas, l'histoire du recrutement d'une espèce donnée se reflète dans la distribution par taille des individus de la population. Une évaluation rapide de la structure diamétrique de la population peut souvent renseigner sur la plus ou moins bonne régénération de l'espèce dans la forêt.

La structure de la plupart des populations d'arbres peut être décrite par un nombre limité de distributions de classes d'âge ou de diamètre.

Des inventaires généraux (PARN) et des inventaires d'aménagement ont permis de connaître les structures diamétriques des principales essences en forêt dense inexploitée.

On observe (Cf. fig. 1) deux grands types de structures diamétriques dans l'inventaire général du PARN, correspondant plus ou moins aux essences d'ombre et à celles de lumière.

Le type I montre un plus grand nombre de petits arbres que de grands arbres et une réduction quasi constante du nombre d'arbres d'une classe de diamètre à la suivante : c'est structure d'allure exponentielle décroissante à pente plus ou moins forte. Ce type de structure est caractéristique d'essences d'ombre de la forêt primaire qui maintiennent un rythme plus ou moins constant de semis. Dans ces populations, on peut supposer presque à coup sûr que la mort d'un arbre adulte en un point donné sera compensé par la croissance d'individus issus de plus petites classes de diamètre. De nombreux auteurs considèrent cette structure comme une population stable idéale, s'entretenant elle-même.

Il s'agit par exemple des Doussiés blanc et rouge, du Kotibé, du Padouk rouge, du Bubinga, du Tiamia, de l'Acajou, de l'Iroko et de l'Aniégré. Quand la décroissance est forte, après un pallier formé des petites classes, ces structures sont caractéristiques des essences qui ne présentent pas de très gros diamètres comme le Bété, les Bossés clair et foncé.

Certaines structures diamétriques peuvent être très étalées vers les gros diamètres comme le Sipo, Dibétou et le Kossipo avec même parfois une accumulation spectaculaire de grosses tiges (cas du Mukulungu).

Le type II caractérise une essence dont la distribution diamétrique présente une bosse où généralement les classes de diamètre de 70 à 90 cm ont des effectifs plus importants que toutes les autres classes. Ce sont des essences dont la régénération est sérieusement limitée pour une raison ou pour une autre. La plupart des individus d'une telle population ont plus ou moins la même taille et même si nombre d'entre eux produisent des fleurs et des fruits, les semis ne parviennent pas à s'installer. Ce type de structure de population se rencontre souvent parmi les essences pionnières exigeantes en lumière, dont la régénération nécessite de larges trouées dans le couvert. En l'absence de telles perturbations ces essences peuvent disparaître **temporairement** de la forêt, leur population n'étant plus représentée que par leurs graines restant dans le sol à l'état dormant. Ce type de distribution ne se limite pas aux essences pionnières. Les populations d'essences de forêt primaire ou secondaire peuvent aussi présenter une telle distribution si l'installation de nouveaux semis se trouve interrompue pendant une période suffisamment longue. Si les conditions ne changent pas, ces populations disparaîtront **définitivement** de la forêt.

Les structures de l'Ayous, du Fraké du Sapelli illustrent ce type.

Bien que ces deux grands types de distribution de classe de diamètre correspondent en gros aux deux grands groupes écologiques de régénération (essence de lumière et essence d'ombre), ce n'est pas toujours le cas (exemple du Sapelli). La structure de population d'une essence donnée est extrêmement dynamique et sensible aux changements dans le niveau de régénération. Une distribution de type I peut facilement se transformer en type II si les taux de recrutement diminuent, en passant par des stades intermédiaires. On peut voir que dans le type I, les structures peuvent être assez variables. Pour ces populations dans lesquelles l'installation de nouveaux semis est sporadique et irrégulière, le niveau effectif de régénération peut être suffisant pour maintenir la population, mais sa fréquence irrégulière provoque des

hauts et des bas dans la distribution des classes de diamètre à mesure que les semis passent dans les classes de diamètre supérieures. Ce type de distribution est courant dans les essences de forêt secondaire dont la régénération est conditionnée par l'ouverture des trouées dans le couvert forestier. Il peut aussi caractériser une population dont la régénération a été temporairement interrompue du fait d'une récolte excessive des semenciers, de fruits ou de graines, de dommages directs aux semis ou de l'absence d'agents de pollinisation ou de dissémination. Ce mécanisme est étudié dans le § 4.3.

Les structures en cloche du type II, se retrouvent de l'échelle de quelques dizaines de milliers d'hectares à l'échelle de plusieurs millions d'hectares. Elles se retrouvent également au niveau de l'inventaire national du Cameroun.

Ces structures se retrouvent aussi bien dans les zones de forêt semi-caducifoliées que dans les forêts de transition ou la forêt dense humide sempervirente.

Ces structures pourraient correspondre à un phénomène de régression/avancée de la forêt à très grande échelle dont l'origine serait liée à des changements paléoclimatiques : des variations importantes de l'étendue des forêts denses depuis 20 000 ans ont été démontrées (Maley³). Ces structures particulières se retrouvent également à une échelle plus réduite de l'ordre de la dizaine de milliers d'hectares. Letouzey (1968) met en évidence pour toute la zone du Sud-est Cameroun, une colonisation des savanes par la forêt. La structure observée correspondrait ainsi à cette colonisation, les essences héliophiles ne pouvant plus se régénérer à l'ombre du sous-bois et présentant ainsi un déficit d'effectif dans les petites classes de diamètre. Ce phénomène existe dans plusieurs pays d'Afrique situés au Nord de l'équateur : Côte d'Ivoire, Nigeria, République Centrafricaine, Zaïre, Ouganda....

Les structures sont donc fortement inféodées à l'historique de la forêt, à la fructification et aux conditions favorables de régénération.

Ainsi, une essence peut présenter une structure en cloche dans un PEA et en exponentielle décroissante dans un autre. C'est le cas du Sapelli pour les PEA 163 et 169.

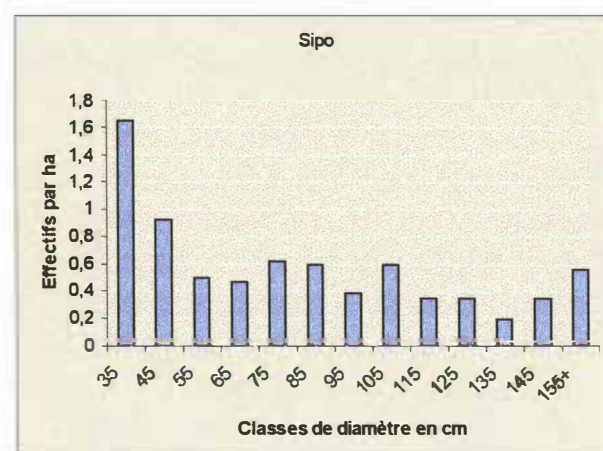
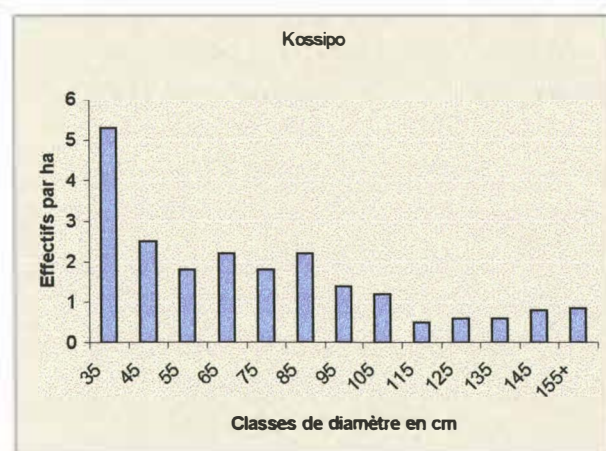
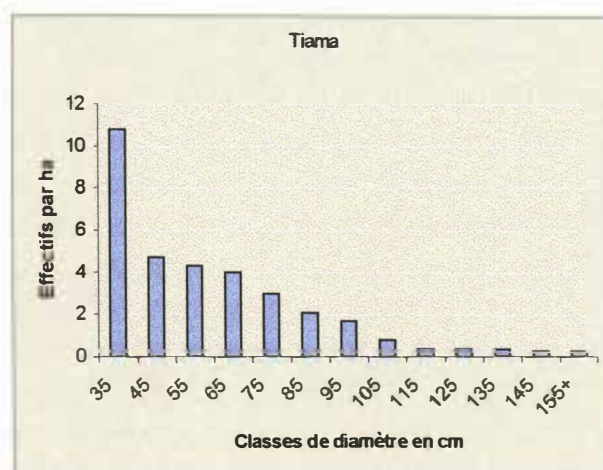
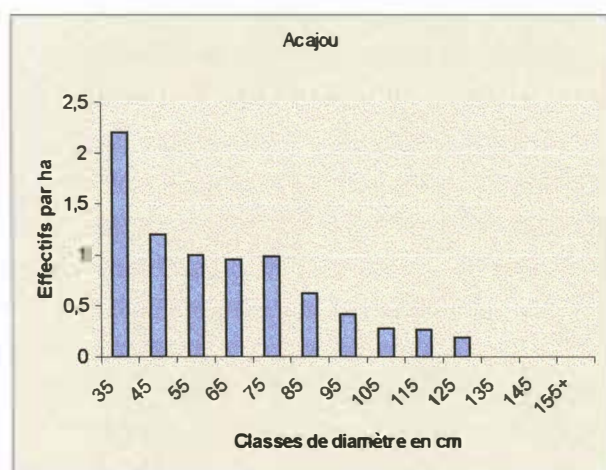
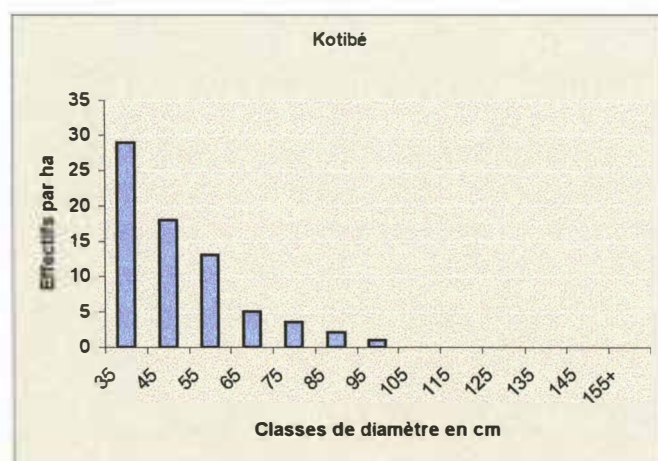
Le but de l'aménagement étant de gérer au mieux la ressource forestière pour assurer sa pérennité mais aussi de préserver une biodiversité maximale en évitant d'éradiquer certaines essences au moins au niveau de PEA, il est nécessaire de déterminer *pour chaque PEA* les paramètres optimum d'aménagement pour s'adapter au mieux à chaque type de forêt.

³ MALEY (J.), 1990. - L'histoire récente de la forêt dense humide africaine : essai sur le dynamisme de quelques formations forestières. In *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*. ORSTOM pp. 367-383.

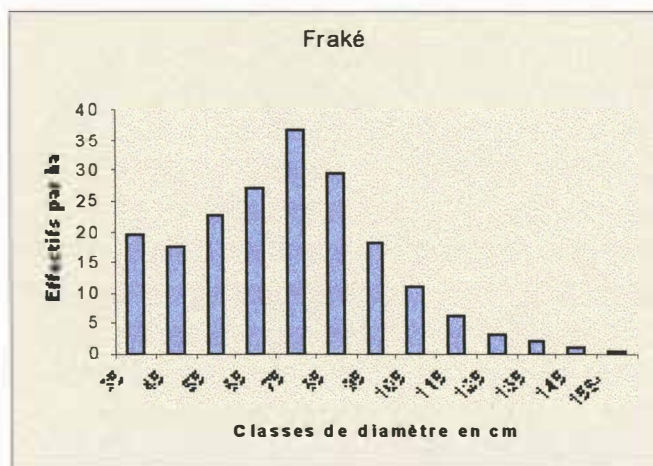
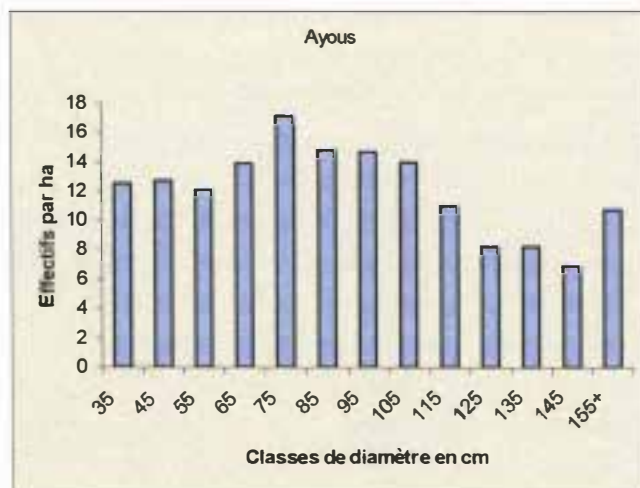
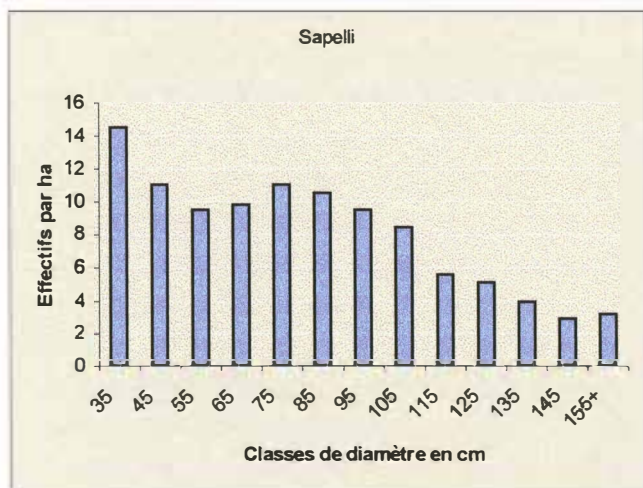
MALEY (J.), 1992. - Mise en évidence d'une péjoration climatique entre 2500 et 2000 ans B.P. en Afrique tropicale humide. *Bull. Soc. géol. France* tome 163. n° 3 pp. 363-365.

Fig. 1 : Structure diamétrique de quelques essences exploitées ou exploitables en forêt dense centrafricaine, d'après les inventaires du PARN

Type I



Type II



4.3. Conséquences de la disparition de nombreux semenciers

La disparition de nombreux semenciers par l'exploitation forestière finira par modifier la distribution des classes de diamètre dans la population exploitée. Si la récolte commerciale des arbres fructificateurs se poursuit sans frein, l'espèce concernée sera éliminée de forêt. L'évolution d'une structure en exponentielle décroissante a d'abord été étudiée ; l'accroissement de l'essence hypothétique a été arbitrairement fixé à 1 cm par an et le taux de mortalité a été calculé par classe de diamètre comme si la structure actuelle doit être maintenue dans le temps, par intervalles de 10 ans.

Le recrutement est fixé comme étant directement dépendant du nombre de semenciers (on considère comme semenciers tous les arbres au dessus d'une certaine classe de diamètre). Ainsi, si actuellement on observe 80 semenciers et une régénération de 400 jeunes tiges, le facteur fixe sera $400/80=5$. Si à une année donnée, le nombre de semenciers est de 20, le nombre de tiges de régénération dix ans après sera de $20 \times 5 = 100$. Le DME de cette essence hypothétique a tout d'abord été placé au diamètre de fructification. On considère qu'il n'y a pas de semenciers en dessous de ce diamètre. L'évolution des structures est représentée à partir de la classe de diamètre 1, soit 10 à 20 cm de diamètre.

Trois cas de figure ont été modélisés pour cette essence hypothétique :

- ✓ Tout d'abord une seule exploitation a été testée (fig. 2 a).
Le manque de régénération dû à l'exploitation des semenciers marque durablement la structure diamétrique mais celle-ci, sans nouvelle exploitation retrouve sa forme initiale en 150 ans.
- ✓ En deuxième lieu, des exploitations régulières tous les trente ans ont été modélisées (fig. 2 b).
Le manque de régénération dû à l'exploitation régulière des semenciers amène une modification profonde de la structure diamétrique et une raréfaction certaine de ses représentants.
- ✓ Ensuite une remontée des DME a été testée : le DME de cette essence hypothétique est dorénavant 10 cm au dessus du diamètre de fructification efficace (fig. 2c).
Le résultat est nettement moins négatif pour l'espèce.

On a ensuite testé une autre espèce présentant une structure diamétrique plus étalée vers les gros diamètres et avec une croissance de 0,5 cm par an. Les autres paramètres sont inchangés. On observe une très nette diminution du nombre de tiges dans toutes les classes de diamètre avec une structure quasiment horizontale (fig. 2d).

Ainsi, on peut créer artificiellement des changements de structure diamétrique par des exploitations répétées prélevant une grande partie des semenciers. On peut en arriver après un long processus de surexploitation à une population présentant des lacunes dans plusieurs classes de diamètre et une faible régénération, faute d'un nombre suffisant de semenciers.

Faute de mesure correctrice, l'extinction totale de l'espèce n'est plus qu'une question de temps. A aucun stade de ce processus on observe de symptôme spectaculaire (arbres morts ou dépérissants) indiquant que quelque chose ne va pas.

Fig. 2a : Evolution théorique de la structure diamétrique d'une essence de structure de type I en forêt centrafricaine, avec une seule exploitation à l'année 1, avec un DME équivalent au diamètre minimum de fructification (ici classe 7)

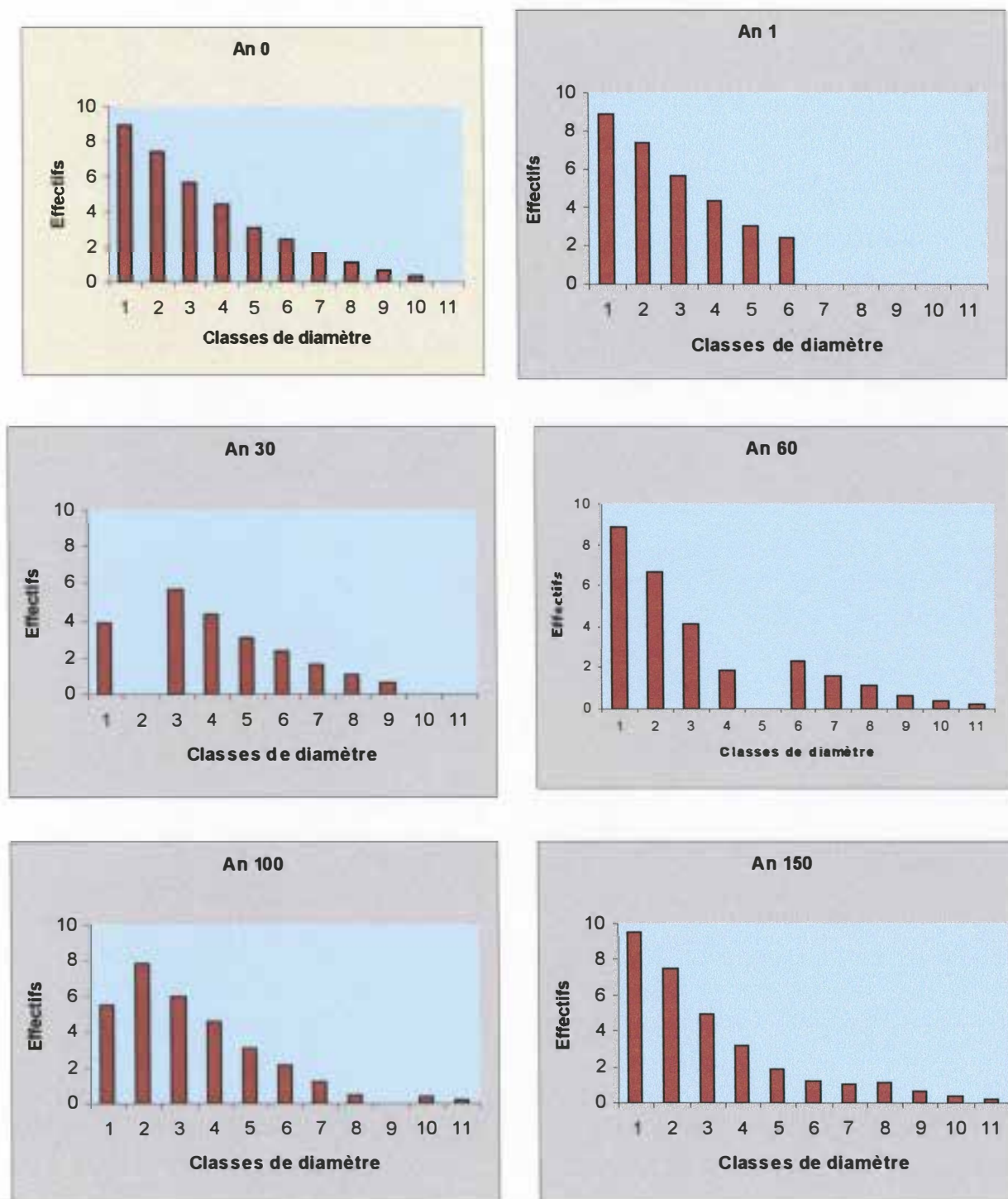


Fig. 2b : Evolution théorique de la structure diamétrique d'une essence de type I, avec des exploitations régulières tous les trente ans, avec un DME équivalent au diamètre minimum de fructification (ici classe 7)

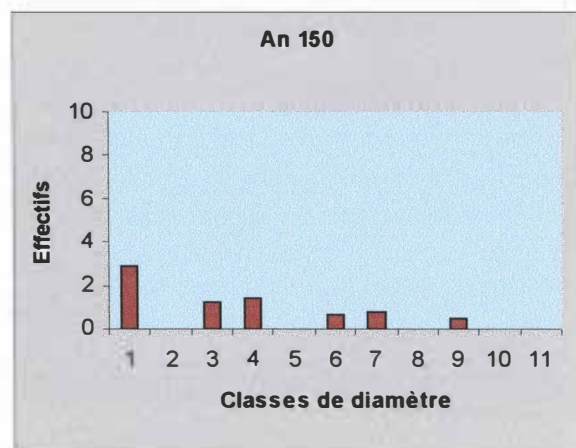
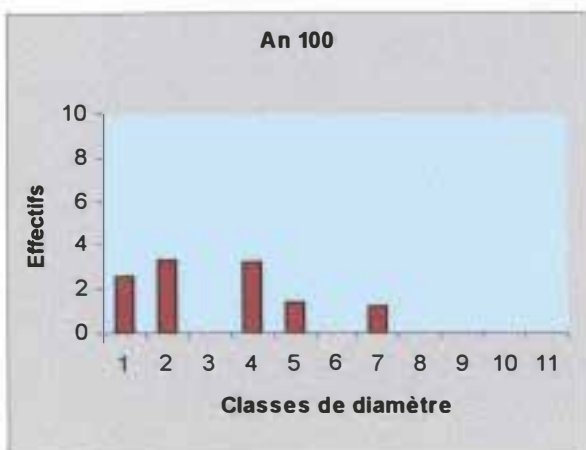
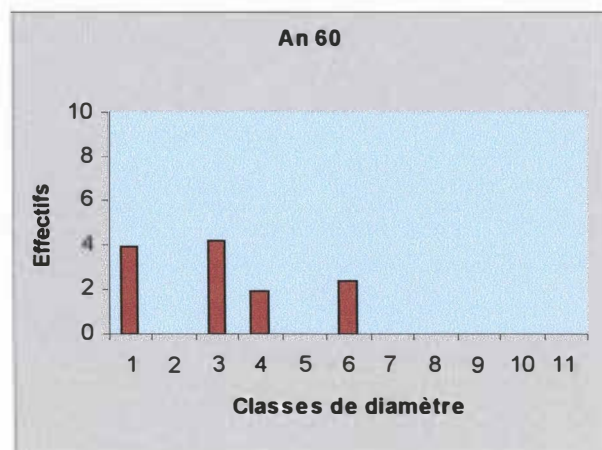
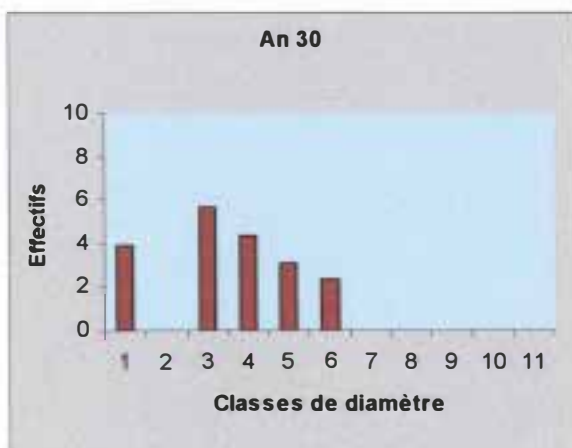
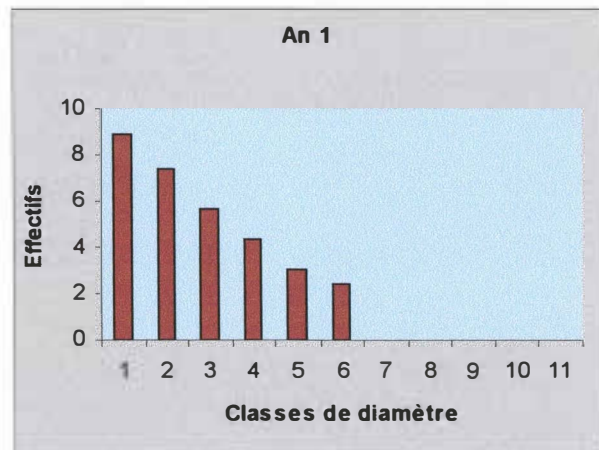
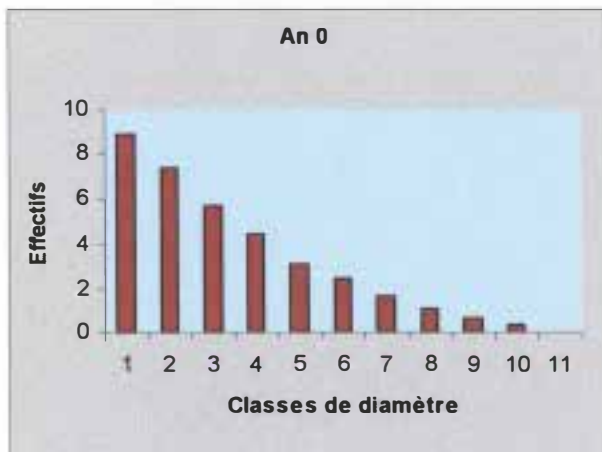


Fig. 2c : Evolution théorique de la structure diamétrique d'une essence de type I, avec des exploitations régulières tous les trente ans et un DME placé à 10 cm au dessus du diamètre minimum de fructification

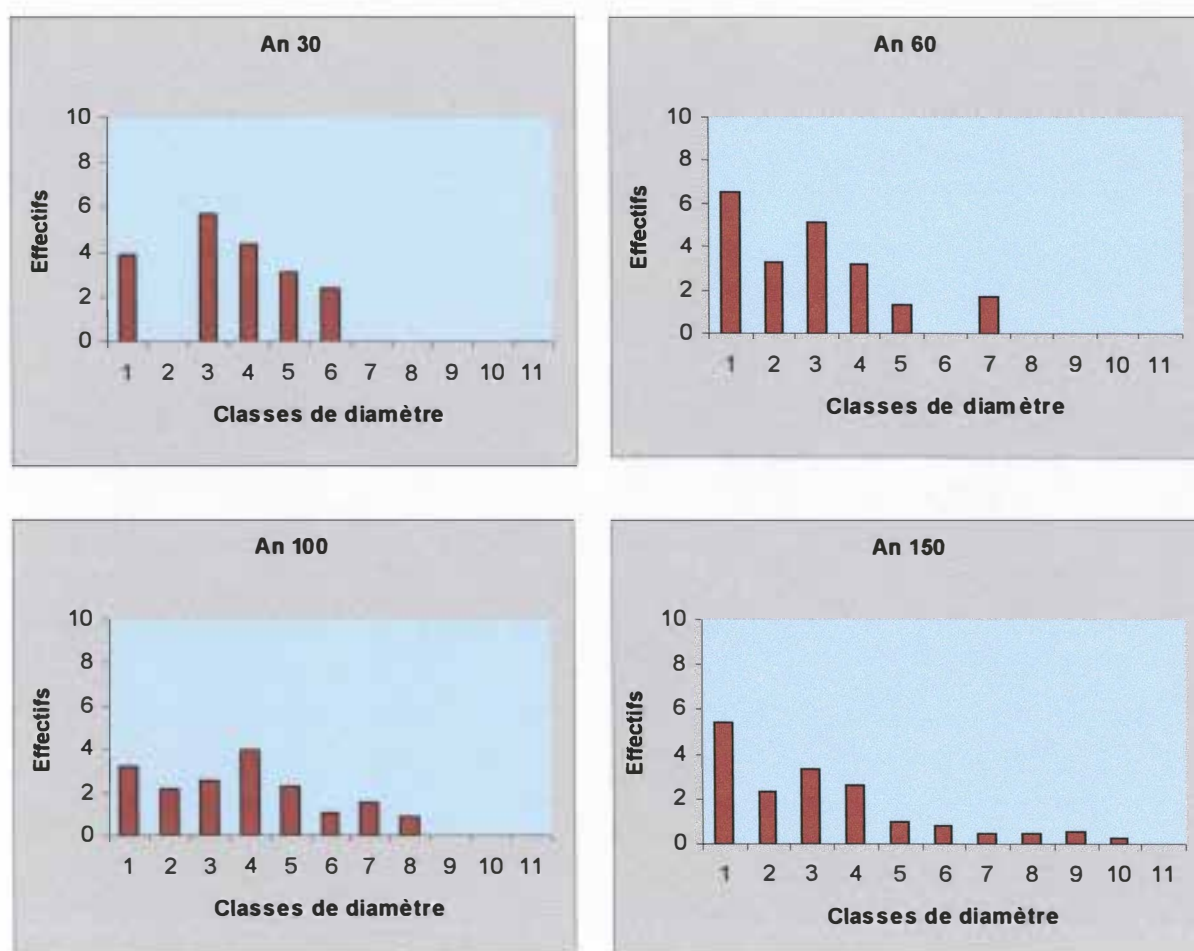
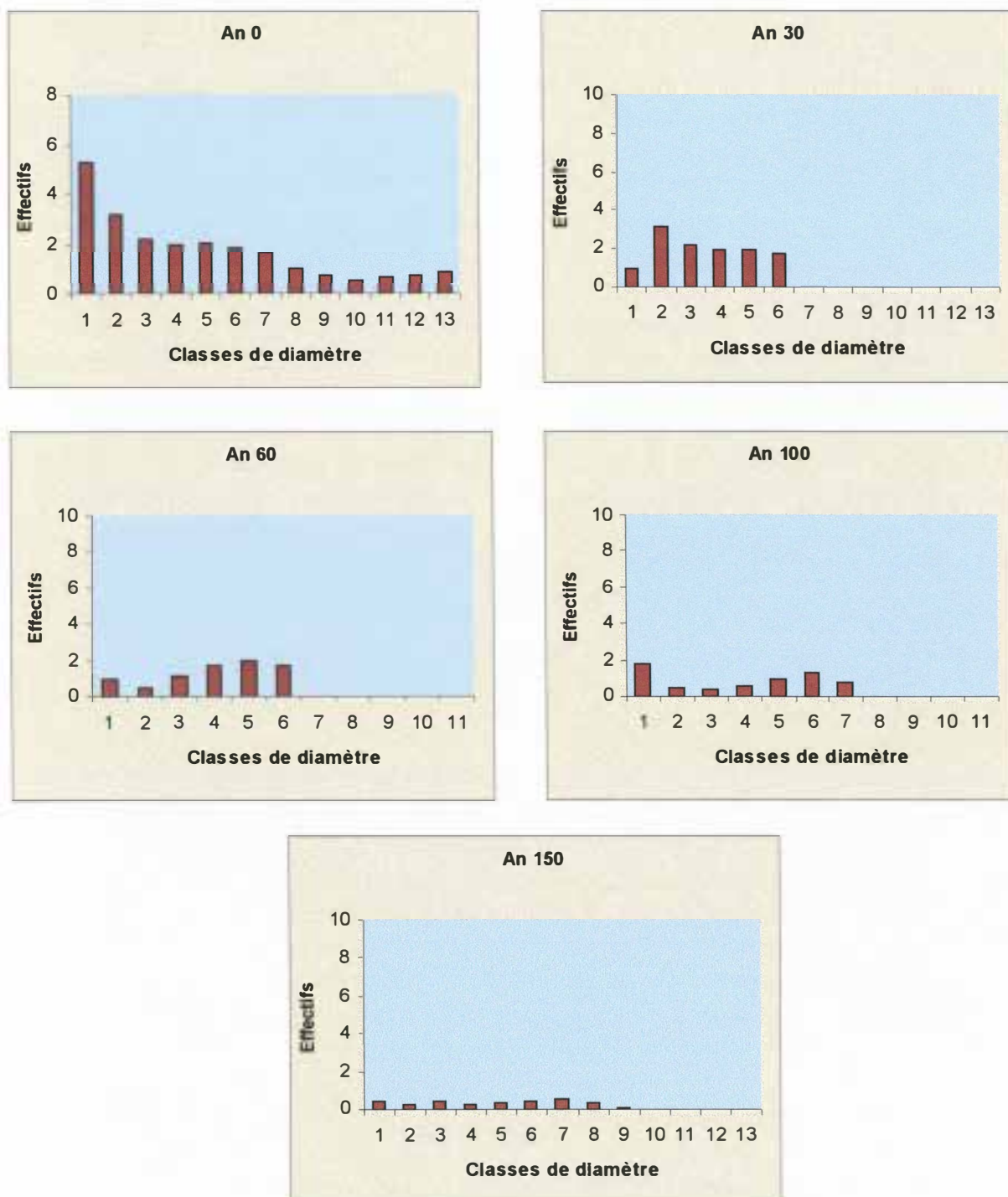


Fig. 2d : Evolution théorique de la structure diamétrique d'une essence à structure de type I plus étalée vers les gros diamètres que la précédente, avec des exploitations régulières tous les trente ans, avec un DME équivalent au diamètre minimum de fructification
L'accroissement diamétrique de l'essence est pris à 0,5 cm par an.



5. Détermination des DME et de la périodicité d'exploitation

Un plan d'aménagement nécessite entre autres de déterminer la durée de rotation entre deux coupes de manière à permettre de nouvelles récoltes dans un laps de temps compatible avec une exploitation forestière rentable et durable. D'autre part, les DME doivent être déterminés au mieux de manière à permettre cette reconstitution du peuplement, éviter les disparitions d'espèces ainsi que de limiter les dégâts sur le peuplement restant. D'autres paramètres doivent être pris en compte tels que la fructification des arbres, la régénération et l'analyse de l'impact financier de tout changement de DME sur l'entreprise forestière. Les fonctions écologiques de la forêt doivent être maintenues, de même que la biodiversité.

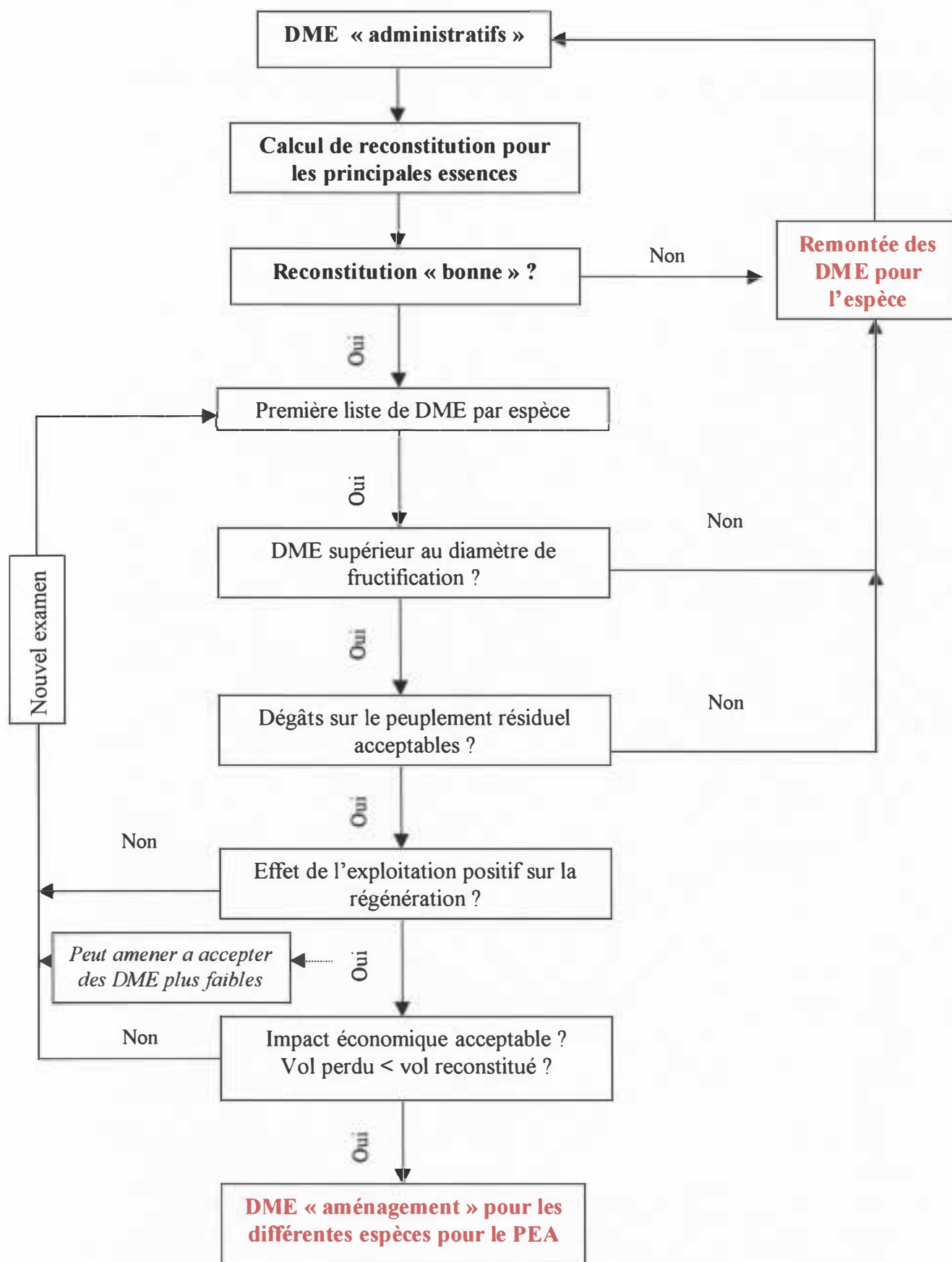
La détermination de diamètres minimum d'exploitabilité (DME) et de la rotation doit prendre en compte :

- la croissance et la structure diamétrique des principales essences exploitées, notamment de celles présentant une structure en cloche (type II) ;
- le diamètre de fructification, afin de laisser des semenciers en nombre suffisant ;
- la distance de dissémination des graines à partir d'un semencier ;
- la qualité des billes dans les classes de diamètre considérées et leurs utilisations permettant d'appréhender les incidences économiques d'une éventuelle remontée de DME pour la société ;
- l'abondance dans les petites tiges, voire parmi les plantules ;
- les dégâts induits sur le peuplement en fonction du nombre de tiges abattues donc en fonction du DME.

L'utilisation de tous ces paramètres va être passée en revue en ayant conscience de l'évolution constante de la forêt et donc de sa transformation botanique continue : certaines essences ont pu s'installer à la faveur de conditions favorables et ensuite, ces conditions ayant disparu, l'espèce ne se régénère plus et peut être amenée à disparaître localement. Au contraire l'effet de l'ouverture du peuplement par exploitation peut être très bénéfique à la régénération d'une essence qui autrement ne se régènerait plus dans une forêt donnée.

Un schéma résumant toutes les opérations à effectuer est présenté ci après (Cf. fig. 3)

Fig.3 : Méthodologie de détermination des DME



5.1. Calcul de pourcentage de reconstitution à partir des structures diamétriques

5.1.1. Méthodologie générale

Les PEA ont une superficie moyenne de 260 000 hectares. Cela varie beaucoup par PEA (de 105 000 ha à près de 600 000 ha).

La périodicité d'exploitation correspondra au temps nécessaire pour permettre de nouvelles récoltes dans un laps de temps compatible avec une exploitation forestière rentable et durable.

On ne cherche pas, après une première exploitation, à reconstituer en quelques décennies tout le volume accumulé sur pied depuis des siècles. Les coupes ultérieures ne récolteront que la production cumulée pendant la durée de la rotation. Ainsi, un nombre de tiges d'avenir (tiges de diamètre inférieur au DME) suffisant doit rester sur pied pour permettre une nouvelle récolte et si possible une bonne régénération de cette essence ou au moins ne pas la faire disparaître dans le cas d'une essence naturellement rare. La durée de rotation et les DME sont alors directement liés au passage du "groupe d'avenir" au groupe des "tiges de diamètre exploitable". Ces DME et cette rotation doivent ainsi prendre en compte la vitesse de croissance, la structure diamétrique, les dégâts d'exploitation et la mortalité des essences considérées⁴. La rotation sera d'avantage influencée par les quelques essences les plus exploitées et surtout ayant le plus de poids économique.

On dispose de données sur l'accroissement des quelques essences qui forment la majorité du volume exploitable (par exemple le Sapelli, l'Ayous ou le Fraké).

Le premier calcul des DME et de la périodicité d'exploitation est alors basé entre autres sur un pourcentage de reconstitution du nombre de tiges exploitables initialement. Ce pourcentage permet d'avoir une idée de la rentabilité de la récolte future par rapport à celle de la récolte actuelle et représente donc un indicateur pour quantifier l'influence de ces paramètres. Elle permet également de visualiser l'évolution du peuplement.

5.1.2. Que reconstituer ?

Les inventaires d'aménagement échantillonnent tout le PEA, que ce soit les zones exploitées ou les zones non exploitées. Si le PEA a été complètement parcouru par une exploitation précédant le présent aménagement, vouloir reconstituer un peuplement complètement dégradé n'a pas de sens. Ce cas a été observé au Cameroun où des forêts déjà plusieurs fois parcourues par l'exploitation ont été « aménagées » ; on a alors effectué un nouvel inventaire puis un calcul de pourcentage de reconstitution à partir des données de cet inventaire, cherchant à reconstituer un peuplement déjà complètement dégradé, sans laisser de temps de repos à la forêt. En multipliant le nombre d'essences exploitées (jusqu'à 52) on peut toujours trouver quelques mètres cubes exploitables par ha, mais la forêt sera constamment parcourue et aucun arbre n'aura le temps de fructifier. Les dégâts sur le peuplement seront constants amenant une dégradation de la forêt encore plus importante.

⁴ DURRIEU de MADRON L., FORNI E. 1997 "Aménagement forestier dans l'Est du Cameroun : structure du peuplement et périodicité d'exploitation " *Bois et Forêts des Tropiques*, 254 : 39-64.

De plus, une exploitation continue amène la formation de larges trouées dans le couvert qui précipitent l'installation de broussailles inflammables et qui bloquent la régénération.

Il en découle dans le cas d'un PEA déjà fortement exploité, *qu'un temps de repos minimum de 25 ans doit être respecté*. On peut édicter comme « seuil de forte exploitation », un volume encore exploitable à l'hectare de moins de 3 m³ par hectare parmi les essences de catégorie 1 du PARN (cf. tab. 3b).

Dans le cas de forêt présentant encore un potentiel exploitable important, trois cas de figure se présentent :

1. La forêt n'a pas encore été exploitée ; la première rotation peut alors être rapide (25 ans) tant que les diamètres de fructification des essences sont respectés et que les semenciers des essences rares restent en nombre suffisant (principe de prudence à appliquer pour ces essences). L'adéquation des DME est tout de même vérifiée par le calcul de reconstitution des essences exploitées. On doit chercher à reconstituer le peuplement inexploité moins les grosses tiges accumulées depuis de siècles (pas 100 % de reconstitution du volume ni du nombre de tiges exploitables actuel).
2. La forêt est déjà partiellement exploitée et le PEA est homogène (même type de forêt). La zone exploitée reste de taille inférieure à celle inexploitée. Un calcul de rotation et de DME sera alors effectué en fonction de la reconstitution des essences dans la zone vierge, toujours en respectant les diamètres de fructification des essences et les essences rares. L'effet de l'exploitation pourra être analysé dans la partie déjà exploitée et éventuellement influencer les conclusions des calculs dans la zone vierge. Cette zone déjà exploitée passera en exploitation après la partie vierge, elle aura ainsi le temps de se reconstituer un peu.
3. La forêt du PEA est déjà largement exploitée sur une grande partie de la surface, mais il reste un potentiel exploitable appréciable. Un calcul de reconstitution est réalisé sur la partie déjà exploitée. Etant donné l'absence de grosses tiges (déjà prélevées), la reconstitution devra être **poussée** tout en gérant au mieux en fonction des contraintes économiques et biologiques. Ce point sera repris au paragraphe 5.1.7.

Ainsi dans tous les cas, les très grosses tiges ne seront pas prises en compte dans les calculs de reconstitution.

5.1.3. Essences prises en compte dans les calculs

Toutes les essences qui seront exploitées au cours de la durée du plan d'aménagement devront être « aménagées », c'est à dire que l'adéquation de leur DME devra être vérifiée, notamment par le calcul du pourcentage de reconstitution.

Densité minimale par hectare pour calculer un pourcentage de reconstitution

Dans la répartition des tiges par classe de diamètre et par essence, pour certaines essences peu courantes, il existe des structures diamétriques avec certaines classes de diamètre sans individus comptés.

En fait, on peut remarquer d'après une étude réalisée au Cameroun⁵ que les structures diamétriques présentant des lacunes sont quasi systématiquement des essences avec moins de 0,1 tiges comptées par hectare, toutes classes de diamètre confondues.

On peut se servir de cette densité de **0,1 tige par ha** pour définir un seuil de calcul. En dessous de cette valeur, le pourcentage de reconstitution ne sera pas calculé car il serait vide de sens. Le DME de l'essence pourra être modifié à l'aide d'autres paramètres économiques ou biologiques (diamètre de fructification...). Il faudra donc toujours chercher à utiliser des inventaires avec des taux de sondage les plus élevés possible.

Déclarer une essence inexploitable dans un PEA ?

Les essences rares précédemment citées (densité inférieure à 0,1 tige par ha) présentent systématiquement des lacunes dans certaines classes de diamètre et verront, en cas de prélèvement de leurs quelques tiges exploitables, leur régénération probablement menacée. Faut il en proscrire l'exploitation pour leur sauvegarde et la richesse en biodiversité de la forêt ? Cette décision semble trop catégorique. En effet, il ne faut pas confondre rareté et disparition. Une espèce rare peut être soit en début de colonisation, soit naturellement peu abondante, ou soit effectivement en voie de raréfaction, pour une cause naturelle ou pour cause de surexploitation (Cf. § 4.3.). Il faut alors étudier attentivement la répartition de l'espèce (disséminée, grégaire...) et sa répartition par classe de diamètre et si possible quantifier l'effet de l'exploitation forestière. Après étude au cas par cas, certaines espèces pourront alors éventuellement être exclues de l'exploitation.

5.1.4. Mode opératoire

Pour chacune de ces essences, les effectifs des classes de diamètre inférieures au Diamètre Minimum d'Exploitabilité (DME) actuel (« administratif ») sont utilisés. On leur applique un accroissement diamétrique en mm/an ainsi qu'un taux de mortalité et un pourcentage de perte dû aux dégâts d'exploitation. Ces calculs sont effectués en prenant la première classe en dessous du DME puis les deux premières, puis les trois premières classes (classes A puis A et

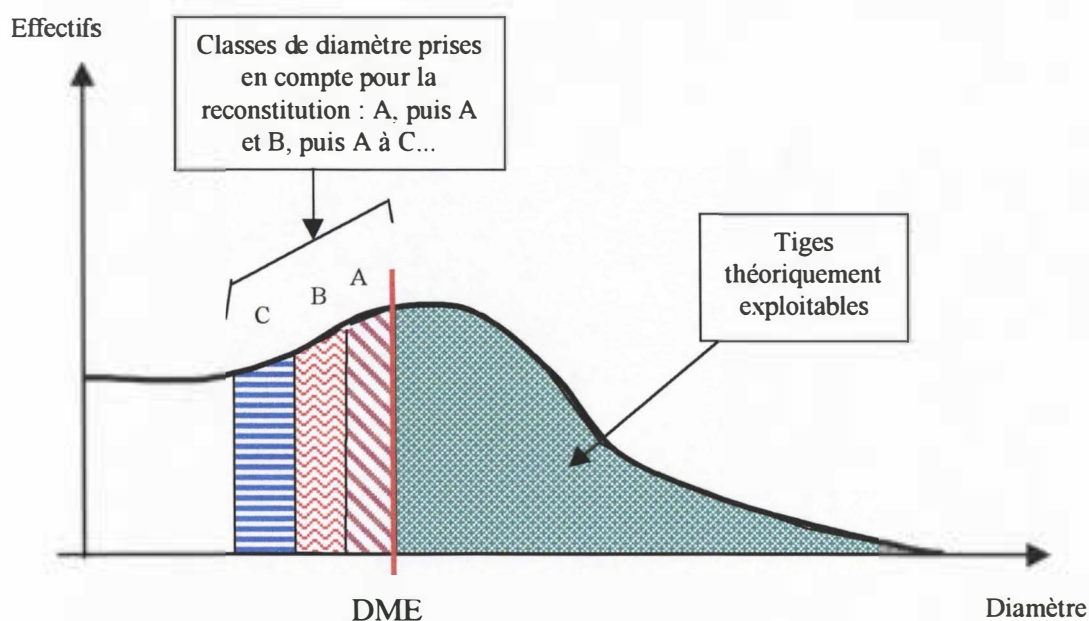
⁵ DURRIEU de MADRON L. : Rapport de mission d'appui en aménagement forestier. Mai 2000. Projet Forêts et Terroirs/République du Cameroun 42 p.

B puis A à C et ainsi de suite, Cf. fig. 4). On détermine à chaque fois un pourcentage de reconstitution du nombre de tiges initialement exploitables.

Par exemple, en considérant la première classe de diamètre en dessous du DME, l'Ayous, avec un accroissement moyen du diamètre de 1 cm par an, verra les effectifs de cette classe (moins la mortalité et les dégâts d'exploitation) passer au dessus du DME en 10 ans. En 20 ans, ce seront les effectifs des 2 classes de diamètre inférieures au DME qui passeront au dessus du DME. À chaque temps considéré correspond un groupe de classes de diamètre prises en compte et un pourcentage de reconstitution.

Si il s'avère nécessaire de descendre jusqu'à la première classe de diamètres inventoriée (diamètre entre 30 et 40 cm), les effectifs de cette classe de diamètre sont complétés automatiquement pour ne pas induire de biais, comme si le recrutement était constant dans le temps sauf cas contraire observé dans l'échantillonnage des tiges de 10 à 20 cm de diamètre.

Fig. 4 : Prise en compte des effectifs des premières classes de diamètre inférieures au DME pour le calcul des pourcentages de reconstitution : exemple d'une essence à structure diamétrique "en cloche"



Le temps de passage T pour faire passer tous les individus d'une classe à un diamètre supérieur au DME a donc été obtenu par la formule suivante :

$$T = \frac{DME - D_{bi.}}{AAM}$$

avec : $D_{bi.}$ = diamètre de la borne inférieure de la classe de diamètre considérée.

A.A.M. = Accroissement Annuel Moyen sur le diamètre.

La formule utilisée pour le calcul du pourcentage de reconstitution est la suivante :

$$\%Re = \frac{[N_0(1 - \Delta)](1 - \alpha)^T}{NP} \times 100$$

% Re = pourcentage de reconstitution du nombre de tiges supérieures au DME au temps 0

N_0 = effectif des une, deux, trois ou quatre classes de diamètre immédiatement en dessous du DME (selon accroissement et durée de la rotation)

N_p = Nombre de tiges supérieures au DME au temps 0

α = taux de mortalité annuel

T = temps de passage = DME - Diamètre de la borne inférieure considérée, divisé par l'accroissement diamétrique annuel moyen

Δ = taux de dégâts dû à l'exploitation.

On peut utiliser cette formule avec des volumes au lieu du nombre de tiges.

La valeur généralement prise pour les dégâts d'exploitation est de 10 %, au Cameroun, Gabon, Congo. C'est la valeur que nous utiliserons au départ. Une étude effectuée en RCA permet de mieux fixer cette valeur en fonction du nombre de tiges qu'il est prévu d'abattre⁶.

Le taux de dégâts sera alors recentré en utilisant la formule suivante :

$$\text{Surface affectée par les dégâts (en \%)} = 100 (1 - 1 / ((1 + 0,186 N)^{0,465}))$$

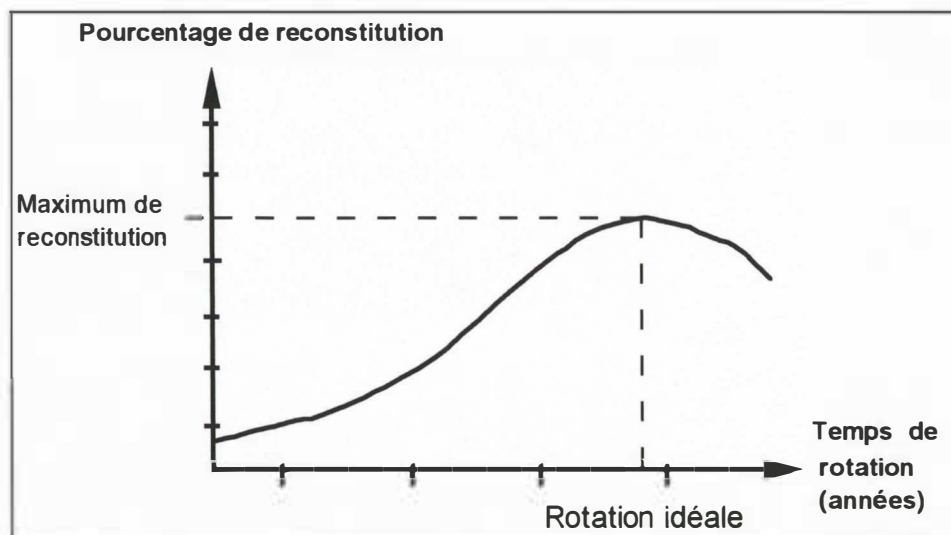
Avec N = Nombre de tiges abattues par hectare

Il s'agit donc d'un calcul itératif. Le nombre de tiges exploitables dépendra en partie de ce taux de dégât de départ. Ce nombre de tiges induira un nombre de tiges exploitables donc un taux de dégâts réel. Il faudra donc recommencer le calcul une deuxième voire une troisième fois avec cette deuxième valeur, jusqu'à ce que la valeur rentrante et sortante soient à peu près équivalentes.

Pour les essences à distribution des effectifs par classe de diamètre de type II (en cloche), l'évolution de ces pourcentages de reconstitution forme une courbe du même type (Cf. fig. 5). Une évolution selon une fonction puissance s'observe pour les essences à distribution en exponentielle décroissante (Cf. fig. 6). Cette évolution peut dépasser 100 % de reconstitution au bout d'un certain temps. En effet, plus le temps de passage entre deux coupes est long, plus le nombre de tiges qui va passer au dessus du DME sera important, uniquement limité par la mortalité naturelle.

⁶DURRIEU de MADRON L., FONTEZ B. et DIPAPOUNDJI B. 2000 : Dégâts d'exploitation et de débardage en forêt dense centrafricaine. Bois et Forêts des Tropiques n° 264 : 57-60.

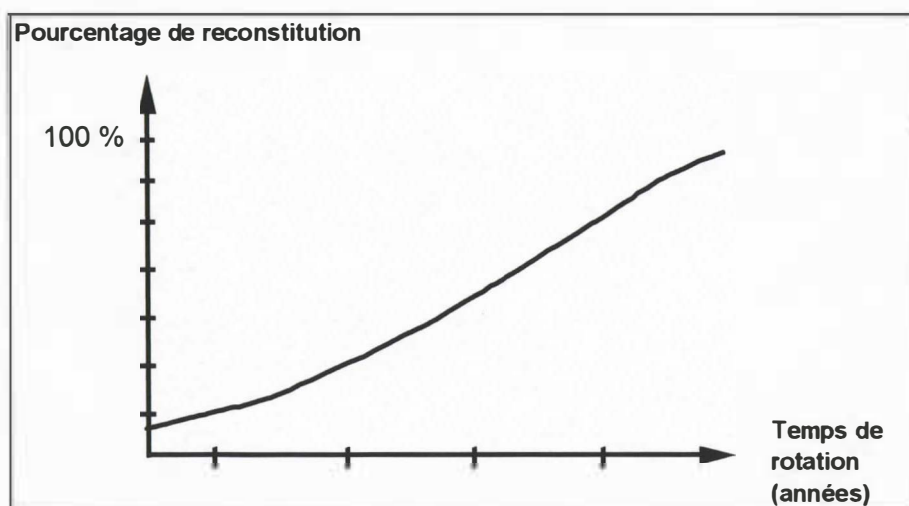
Fig. 5 : Évolution probable de reconstitution du volume prélevé en fonction du temps pour les essences présentant une courbe de distribution des effectifs de type II



Le premier cas (courbe en cloche) est le plus contraignant en ce qui concerne le pourcentage de reconstitution car celui-ci peut baisser avec le temps.

Pour le second cas, théoriquement, plus la durée de la rotation est longue, plus le pourcentage de récupération augmente. Seule la mortalité agit alors en diminuant les effectifs qui passent au dessus du DME.

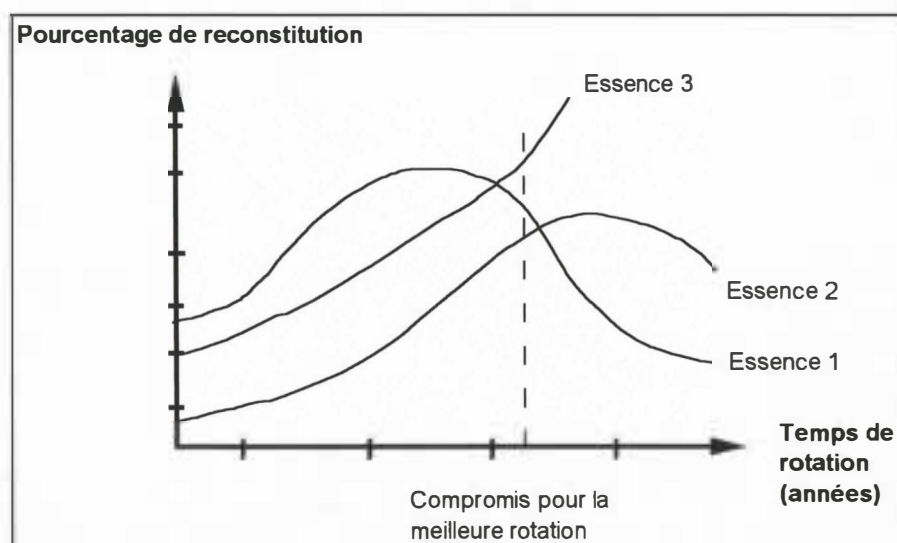
Fig. 6 : Evolution possible de reconstitution du volume prélevé en fonction du temps pour les essences présentant une courbe de distribution en exponentielle décroissante



Pour les courbes en cloche, l'idéal est alors de choisir le point culminant de la courbe de chaque essence, point qui correspond au temps pendant lequel l'effectif exploitable reconstitué est maximum.

Les points culminants des courbes de chaque essence ne correspondront pas forcément au même temps de rotation. Il faudra alors trouver un compromis amenant le meilleur pourcentage de reconstitution global dans un temps le plus court possible (Cf. fig. 7). Ainsi seront proposés les DME par essence avec une rotation commune, étant entendu qu'ils doivent rester réalistes d'un point de vue économique. *Les essences commerciales de grande valeur comme les Méliacées auront un poids beaucoup plus important dans le raisonnement que celles de valeur moindre comme les bois blancs.*

Fig. 7 : Comparaison des pourcentages de reconstitution en fonction du temps afin de déterminer la rotation et les DME



Si la reconstitution est trop faible (Cf. § 5.1.6. pour l'éventuelle détermination d'un seuil), quelle que soit la durée de rotation considérée, de nouveaux calculs sont effectués afin de voir si les reconstitutions sont meilleures avec des DME plus élevés pour ces essences. Cela servira de base, après intégration d'autres paramètres à la proposition éventuelle de nouveaux DME.

La préservation d'une essence peut aller jusqu'à l'interdiction de son exploitation.

La rotation doit rester réaliste pour l'exploitant. Elle sera comprise **entre 25 et 35 ans**.

Les effets respectifs de la remontée des DME ou du rallongement de la rotation sur le pourcentage de reconstitution est difficile à déterminer dans l'absolu car il sont très dépendants de la structure diamétrique de chaque essence dans chaque forêt. Un rallongement de la durée de rotation peut permettre de ne pas augmenter certains DME. Une remontée des DME rend un certain nombre de tiges inexploitable dans le prochain passage en coupe (ils pourront être exploités lors du passage suivant) mais un rallongement de la rotation diminue la surface des assiettes de coupe exploitables annuellement. C'est un choix de l'exploitant.

Dans les deux cas, il peut exister des paliers de remontée de pourcentage de reconstitution, faisant gagner d'un coup plusieurs dizaines de pour cents de reconstitution.

Autrement dit, les deux paramètres « remontée de DME » ou « augmentation de la rotation » peuvent être utilisés, mais chaque fois l'**implication financière devra être soigneusement évaluée** sans pour autant entrer dans le jeu de certains industriels pour qui la seule préoccupation est de rentabiliser une nouvelle usine en quelques années sans aucun souci de la pérennité de la forêt.

En réalité, toutes les tiges de diamètre exploitable ne seront pas exploitées car un nombre important d'entre elles ne sont pas de qualité intéressante. Le raisonnement est cependant fait toutes qualités confondues car d'une part la proportion de tiges réellement exploitées dépend de l'exploitant et d'autre part, il y a une proportion supposée équivalente de ces tiges de qualité médiocre parmi les tiges en dessous du DME. Vu que nous travaillons en pourcentage, les qualités n'interviendront donc pas dans le résultat.

5.1.5. Quels accroissements prendre en compte ?

On ne prend en compte que les essences exploitées couramment pour lesquelles il existe des données fiables sur les accroissements diamétriques (Cf. annexe 2 et tableau 5).

Tableau 5 : Essences dont les accroissements sont connus de manière fiable

Essence	Accroissement diamétrique en mm/an	Essence	Accroissement diamétrique en mm/an
Acajou	4	Iroko	5
Aniégré blanc	3	Kossipo	5
Ayous	10	Kotibé	3
Bossé clair	3	Longhi	3
Dabéma	7,5	Sapelli	5
Dibétou	5	Sipo	5
Fraké	10	Tali	5

Cld = classe de diamètre

Les autres accroissements ne peuvent être déterminés, même en tentant une régression entre les accroissements ci dessus et la densité des bois séchés à 12 % d'humidité ou la densité du bois vert, telles que citées dans l'Atlas des bois tropicaux concernant les bois africains. En effet, la meilleure régression est obtenue avec la densité du bois vert, avec un coefficient de détermination R^2 de 0,43, ce qui est assez faible. Deux essences présentant la même densité en bois vert, ont des accroissements respectifs de 4 et 10 mm/an...

Pour les essences dont l'accroissement n'est pas encore déterminé par la recherche, un accroissement par défaut sera pris, accroissement élevé pour ne pas pénaliser l'exploitant forestier mais permettant au moins de tester que même avec cet accroissement élevé, les structures diamétriques des essences considérées ne génèrent pas de « crise » pour l'exploitation future de cette essence.

Il ne semble pas possible de prendre deux valeurs d'accroissement par défaut différentes pour les bois rouges et les bois blancs car la distinction entre bois rouge et bois blanc est parfois délicate pour certaines essences, comme par exemple l'Aniégré. En outre, l'accroissement du

Dibétou est de 8 mm/an, proche de la valeur du Fraké ou de l'Ayous, bois blancs par excellence...

Un accroissement par défaut de **1 cm par an sur le diamètre** sera donc utilisé. Il est très probable que les accroissements réels seront plus faibles et parfois même de beaucoup. Mais on aura au moins un test « minimal » que l'exploitant forestier ne pourra pas remettre en question.

5.1.6. Décréter un pourcentage de reconstitution seuil ?

Faut-il décréter un seuil de reconstitution en dessous duquel le DME doit être remonté ?

Ceci est délicat car comment justifier de tel ou tel seuil ? De plus, il faut rester souple par rapport aux exigences économiques de l'exploitation forestière. En outre, comme dit précédemment pour l'exclusion éventuelles d'essences de l'exploitation, une essence peut s'être régénérée à un moment donné de l'histoire de la forêt et ensuite, les conditions ayant changé, ne plus se régénérer. Elle pourra alors disparaître de la forêt. Il s'agit d'être sûr que cette disparition ne soit pas le fait de l'exploitant mais il ne faudra pas forcément se focaliser sur un pourcentage de reconstitution faible pour une essence pionnière par exemple.

L'exemple de l'Unité Forestière d'Aménagement 10-046 au Cameroun sert d'illustration pour étudier les différents paramètres sur des structures diamétriques en condition réelles. C'est une UFA déjà parcourue par l'exploitation.

Essai de reconstitution du nombre de tiges exploitable

Deux cas sont pris comme exemple : reconstitution de 50 % et de 100 % des effectifs exploitables.

Résultats du calcul de rotation avec un seuil de 50 %

En prenant cette UFA comme exemple de calcul, les résultats du calcul de rotation sont les suivants, en prenant comme seuil une reconstitution de 50 % du nombre de tiges initialement exploitables (Cf. tab. 6).

Tab. 6 : Pourcentages de reconstitution et DME calculés pour quatre rotations testées

Essence	DME (cm) Cameroun	Rotation			
		25ans	30ans	35ans	40ans
Aniégré	80	53 %	67 %	65 %	66 %
Ayous	80	59 %	65 %	69 %	73 %
Bossé clair	110	53 %	67 %	75 %	104 %
Dibétou	80	64 %	72 %	74 %	82 %
Fraké	70	46 %	50 %	50 %	51 %
Kossipo	110	66 %	67 %	67 %	67 %
Longhi	80	51 %	56 %	57 %	58 %
Sapelli	87	51 %	101 %	115 %	229 %
Tali	90	47 %	53 %	58 %	62 %

Certains pourcentages de reconstitution augmentent de pair avec la rotation. D'autres, au contraire déclinent. Cela dépend de la vitesse de croissance de l'essence et de sa structure diamétrique.

Résultats du calcul de rotation avec un seuil de 100 %

Les résultats du calcul de rotation sont les suivants, en prenant comme seuil une reconstitution de 100 % du nombre de tiges initialement exploitables (Cf. tab. 7).

Tab. 7 : DME obtenus en essayant de reconstituer au moins 100 % du nombre de tiges initialement exploitables

Essence	Rotation		DME « aménagement » obtenus (en cm)	Efficacité de la remontée des DME
	25ans	30ans		
	% de reconstitution			
Aniégré	53 %	67 %	80	<i>inutile</i>
Ayous	109 %	121 %	90	
Bossé clair	105 %	133 %	120	
Dibétou	108 %	141 %	90	
Fraké	142 %	158 %	80	
*, : !Kossipo	66 %	67 %	110	<i>inutile</i>
Longhi	78 %	91 %	90	<i>inutile</i>
Sapelli	51 %	58 %	100	<i>inutile</i>
Tali	113 %	138 %	110	

Quatre essences ne pourront jamais atteindre 100 % de reconstitution de leur nombre de tiges exploitables, même en remontant leur DME de plusieurs dizaines de cm. C'est l'effet des structures diamétriques en forme de cloche. La comparaison de l'effet sur les DME a été faite (Cf. tab 8).

Mis à part les 4 essences que l'on ne pourra jamais reconstituer à 100 %, six essences voient encore leur DME remonter quand on considère ce seuil de 100 % par rapport à celui de 50 %, cinq de 10 cm et une essence de 20 cm. Le Tali arrive à un DME de 110 cm. Ces DME deviennent vraiment très contraignants pour l'exploitant forestier. Trop de contraintes risquent de provoquer une non-application de l'aménagement.

Tab. 8 : Comparaison de l'effet sur les DME d'un pourcentage de reconstitution recherché de 50 ou 100 % des effectifs

Essence	PR recherché	
	50%	100%
	DME obtenu (cm)	DME obtenu (cm)
Aniégré	80	impossible
Ayous	80	90
Bossé clair	110	120
Dibétou	80	90
Fraké	70	80
Kossipo	110	impossible
Kotibé	50	60
Longhi	80	impossible
Sapelli	100	impossible
Tali	90	110

* « impossible » signifie qu'il est impossible de reconstituer 100 % du nombre de tiges initialement exploitable
PR = Pourcentage de reconstitution

Essai de reconstitution en volume

La reconstitution en volume a été calculée avec le nombre de tiges reconstituées par classe de diamètre auxquelles on a appliqué un tarif de cubage. Le seuil appliqué était une reconstitution de plus de 50 % du nombre de tiges. On a ensuite calculé le volume de ces tiges reconstituées.

Tab. 9 : Pourcentages de reconstitution en volume des essences retenues en partant des pourcentages de reconstitution en nombre de tiges, pour des rotations de 25 et de 30 ans

Essences	DME (cm)	Rotation (années)			
		25	30	25	30
		En effectifs		En volume	
Ayous	80	59 %	65 %	50 %	58 %
Dibétou	80	64 %	72 %	50 %	58 %
Fraké	70	46 %	50 %	41 %	47 %
Kossipo	110	13 %	18 %	50 %	52 %
Sapelli	100	51 %	58 %	37 %	43 %
Tali	90	47 %	53 %	39 %	45 %

La reconstitution en nombre de tiges est légèrement moins exigeante par rapport à la reconstitution en volume, sauf pour le Kossipo. Il s'agit peut être d'un biais dû au tarif de cubage de cette espèce. *D'où l'importance du biais qui peut être apporté par un tarif de cubage car ces tarifs ont pu être établis sur seulement certaines classes de diamètre.*

Le fait que la reconstitution en nombre de tiges soit légèrement moins exigeante par rapport à la reconstitution en volume est normal car un gros arbre ne compte que pour une tige mais a un fort volume.

Utilisation d'un bonus ?

Peut-on utiliser un « bonus » correspondant aux tiges de diamètre supérieur au DME adm + x cm. Ceci permet de ne pas chercher à reconstituer les gros arbres qui représentent une accumulation de volume depuis des siècles.

Ce bonus a été fixé à DME adm + 40 cm au Cameroun.

L'effet du bonus a été calculé en considérant une reconstitution en nombre de tiges ou une reconstitution en volume.

Effet du bonus sur une reconstitution du nombre de tiges

Les pourcentages de reconstitution du nombre de tiges ont été calculés avec l'effet d'un bonus correspondant aux tiges de diamètre supérieur au DME adm+40 cm (Cf. tab. 10). On peut voir que l'effet du Bonus n'est pas très important en ce qui concerne la reconstitution d'un nombre de tiges (10 à 15 %), hormis pour le Kossipo pour lequel le DME a été remonté de 3 classes. Il ne reste alors plus qu'une classe à prendre en compte entre le bonus à DME plus 40 et le nouveau DME pour cette essence.

Tab. 10 : Pourcentages de reconstitution du nombre de tiges, avec l'effet d'un bonus correspondant aux tiges de diamètre supérieur au DME adm+40 cm

Essence	DME	30 ans avec Bonus	30 ans sans Bonus
Ayous	80	75 %	65 %
Dibétou	80	76 %	72 %
Fraké	70	58 %	50 %
Kossipo	110	300 %	18 %
Sapelli	100	69 %	58 %
Tali	90	82 %	53 %

Effet du bonus sur une reconstitution en volume

Les pourcentages de reconstitution *en volume* ont été calculés avec l'effet d'un bonus. On est reparti des DME déterminés par les pourcentages de reconstitution en nombre de tiges (Cf. tab. 10). Les tiges reconstituées ont ensuite été transformées en volume en enlevant les tiges de diamètre supérieur à DME adm+40 cm. On en arrive ainsi aux pourcentages de volumes reconstitués présentés dans le tableau 11. L'importance du bonus par rapport au volume exploitable initial est exprimée en pour-cent. On peut voir que pour deux essences, le Tali et le Kossipo, ce pourcentage est très important.

Tab. 11 : Pourcentages de reconstitution du volume, avec calcul d'un bonus correspondant aux tiges de diamètre supérieur au DME adm+40 cm

Essence	DME (cm)	Reconstitution en volume sans bonus		Reconstitution en volume avec bonus		% bonus par rapport au volume exploitable initial
		Rotation de 25 ans	Rotation de 30 ans	Rotation de 25 ans	Rotation de 30 ans	
Ayous	80	50 %	58 %	66 %	77 %	32 %
Dibétou	80	50 %	58 %	58 %	67 %	15 %
Fraké	70	41 %	47 %	53 %	62 %	32 %
Kossipo	110	50 %	52 %	313 %	388 %	529 %
Sapelli	100	37 %	43 %	49 %	57 %	32 %
Tali	90	39 %	45 %	67 %	90 %	296 %

Raisonner en nombre de tiges permet déjà de minimiser l'influence des gros arbres à fort volume, car un très gros arbre a un fort volume mais ne représente d'une seule tige exploitable.

Un effet pervers de ce calcul par bonus fixe par rapport au DME administratif est traduit par le volume correspondant au bonus équivalent à quelque fois 5 ou 10 fois la possibilité pour une essence donnée !

En final, qu'utiliser ?

L'emploi d'un bonus non pas fixe de 40 cm au dessus du DME administratif mais fixe par rapport au DME *aménagement* serait plus appropriée. C'est à dire qu'il faudrait que le bonus se décale à chaque nouveau calcul de DME, dans le cas d'un emploi de bonus (semble se justifier dans le cas d'une forêt en première exploitation). Une valeur de 30 cm correspondant à 30 ans multiplié par un accroissement maximal de 1 cm par an sur le diamètre, soit la croissance des essences dans le temps de la rotation paraît plus adapté pour ne pas prendre en compte le capital accumulé sur pied depuis des siècles.

Les volumes et les effectifs fournissent tous deux des informations intéressantes. On calculera donc une reconstitution en effectif avec un bonus glissant de **30 cm**. Les deux valeurs seront considérées à **titre indicatif**, si les tarifs de cubage décrivent bien les grosses tiges des différentes essences.

Cependant, on **essaiera** de rechercher un seuil minimum de 50 % en effectif.

5.1.7. Utiliser un accroissement de la forêt post exploitation ?

Existe il un accroissement naturel de la forêt ?

Si un aménagement de la forêt est élaboré à un instant T, dans les dernières assiettes de coupe, l'exploitation passera plus de 20 ans après l'élaboration du plan d'aménagement. Le volume exploitable a donc pu augmenter pendant ces 20 ans.

Mais si cet accroissement est probable pour les forêt déjà fortement exploitées, l'accroissement des arbres est compensé par la mortalité des arbres dans les autres forêts. De plus, dans les

forêts fortement exploitées, il n'est pas appliqué car les grosses tiges (au dessus de 40 ou 50 cm de diamètre) n'en bénéficient pas, étant déjà dominantes. En outre, ne pas considérer d'accroissement naturel de la forêt permettra d'avoir une sécurité et d'augmenter la probabilité de trouver des volumes par hectare concordants avec ceux annoncés dans la plan d'aménagement.

5.1.8. Récapitulatif des bases de calcul de reconstitution

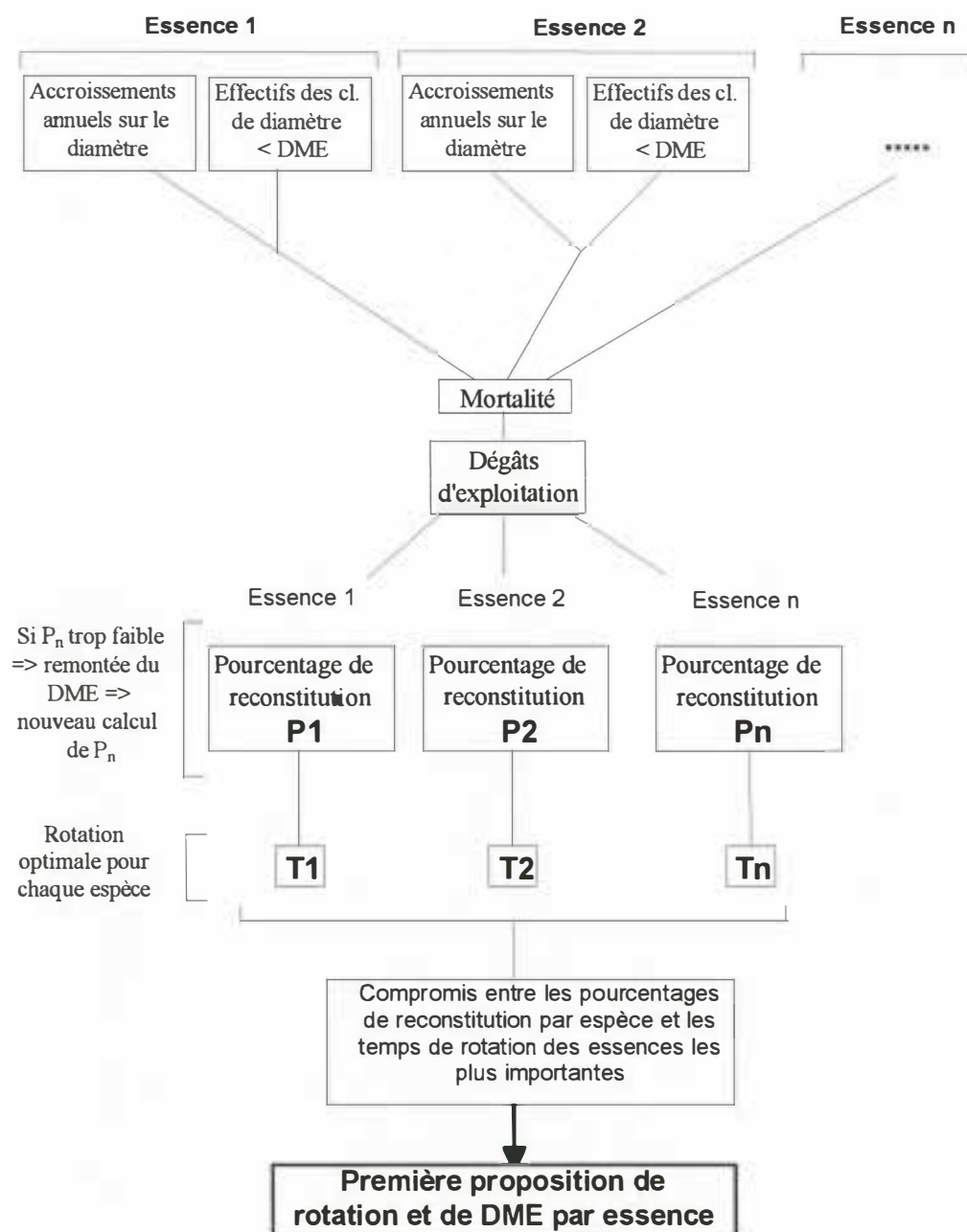
Les différents éléments de calculs utilisés dans la détermination des DME et de la rotation sont résumés dans le tableau suivant (12).

Le résumé de la méthode de pré calcul de ces DME et de la rotation est présenté dans la figure 8.

Tab. 12 : Récapitulatif des bases de calcul de reconstitution

Elément de calcul	Choix fait
Mortalité	1 %
Dégâts d'exploitation	10 % initialement puis nouveau calcul itératif en fonction du nombre de tiges prévu à l'abattage.
Essences considérées	Toutes celles qui seront exploitées.
Essences écartées du calcul ?	Tiges présentant moins de 0,1 tiges par ha.
Accroissement naturel de la forêt avant exploitation	Non Probable pour les forêt déjà fortement exploitées mais non appliqué car les grosses tiges n'en bénéficient pas, étant déjà dominantes. Permet en outre une marge de sécurité.
Recrutement dans la classe de diamètre 20 à 30 cm	Effectifs complétés automatiquement sauf contre-indication issu de l'étude du sous échantillonnage.
Utilisation d'un bonus ?	Oui, glissant par rapport au DME administratif puis DME « aménagement » plus 30 cm.
Pourcentage de reconstitution voulu	Pas de seuil catégorique, mais un raisonnement à vue couplé avec les autres paramètres écologiques et économiques. Un seuil de 50 % en nombre de tiges exploitables est simplement souhaité.
Accroissements	D'après littérature (Cf. annexe 2). Pas de régression en fonction de la densité du bois.
Accroissement par défaut pour les essences peu connues	Oui, valeur de 1 cm/an.
Reconstitution en effectif ou en volume ?	On considère les deux à titre indicatif, si les tarifs de cubage décrivent bien les grosses tiges des différentes essences
Nombre maximum de tiges exploitables par ha	3
Application d'un coefficient de commercialisation	Non (trop variable dans le temps)

Fig. 8 : Résumé du raisonnement pour une première détermination des Diamètres Minimum d'Exploitabilité et la rotation



Il existe des points faibles dans le calcul de pourcentages de reconstitution présenté ci-dessus :

- Il est extrêmement difficile de “prédire” les deuxièmes ou troisièmes récoltes futures car très dépendantes de l’exploitation qui sera déjà faite. En outre, les hypothèses de mortalité et de régénération peuvent s’écarter de la réalité de plus en plus fortement avec le temps.
- La réaction à long terme de ces essences est inconnue ; il est possible qu’une forte régénération soit induite par l’ouverture du peuplement due à l’exploitation forestière. Mais une telle régénération peut très bien ne pas se produire et l’espèce sera alors en voie de quasi disparition dans la forêt gérée. Le mode de pré calcul de la rotation permet au moins de laisser suffisamment de semenciers pour permettre une régénération, si elle est possible, mais cela ne peut garantir en soi, à long terme, la pérennité de la ressource pour des essences dont la régénération actuelle est faible.

La gestion de ces peuplements doit donc être faite en fixant des diamètres minimum d'exploitation et un temps de rotation qui permettent d'obtenir un pourcentage de reconstitution de tiges exploitable « acceptable » au moins supérieurs à 50 %, sans que cela ne devienne une règle rigide. Ceci sera variable par essence. On pourra être plus exigeant pour les bois rouges sachant qu’une ouverture du peuplement amène souvent un changement de composition floristique avec une enrichissement en bois blancs.

La récolte sera alors probablement correcte sur deux ou trois rotations mais la structure diamétrique en cloche de certaines des essences fait que, sans régénération abondante de ces espèces lors de l'ouverture du peuplement provoquée par la première exploitation, elles ne reconstitueront jamais leurs effectifs actuels. Gardons simplement à l'esprit que le marché des bois évolue constamment *et que dans quelques années voire décennies, les exploitants pourront exploiter d'autres essences.*

Le pourcentage de reconstitution donne une première estimation des DME qu’il faudrait en considérant la pérennité biologique de la production forestière. Ensuite cette première estimation va être analysée sous d’autres aspects pour vérifier sa viabilité économique et ses impacts du point de vue des dégâts sur le peuplement et .point de vue de la fructification et de la régénération.

5.2 Adéquation économique de la remontée des DME

5.2.1. Différence de production de la forêt quand les DME sont remontés

Si on laisse des gros arbres, la production en volume de la forêt va augmenter. Un exemple de calcul est proposé ci dessous avec une remontée de 20 cm des DME, sur le peuplement de l’UFA 10-046 au Cameroun, pour les principales essences exploitées.

Tab. 13 : Exemple de différence de productivité entre les tiges de 60 à 80 cm de diamètre et celles entre 80 et 100 cm, pour les principales essences exploitées dans l'UFA 10-046 au Cameroun

	Productivité (m ³ /ha) Diamètre de 60 à 80 cm	Productivité (m ³ /ha) Diamètre de 80 à 100 cm
Ayous	2,57	5,83
Tali	0,95	3,05
Sapelli	0,21	0,69
Dibétou	0,27	0,55
Sipo	0,01	0,05
Kossipo	0,03	0,09
Total sur 30 ans	4,05	10,3
Total par an	0,14	0,34
Gain sur 30 ans :		6,20

En laissant les tiges de 80 à 100 cm de diamètre sur pied, la productivité par ha de la forêt pour ces essences augmente de 6,20 m³ par hectare sur 30 ans, soit un volume non négligeable sur la surface entière d'un PEA.

Tab. 14 : Exemple de différence de productivité en augmentant le DME de 10 pour les principales essences exploitées dans l'UFA 10-046 au Cameroun

	DME	Production en volume (m ³ /ha)	DME	Production en volume (m ³ /ha)
Fraké	70	5,28	80	8,68
Ayous	80	3,23	90	5,19
Tali	90	1,42	100	2,48
Sapelli	100	0,38	110	0,58
Dibétou	80	0,30	90	0,42
Sipo	110	0,06	120	0,13
Kossipo	110	0,12	120	0,15
Total	30 ans	10,8		17,6
	par an	0,36		0,59

5.2.2. L'analyse des conséquences économiques du relèvement du DME d'une espèce donnée

Les arbres exploitables laissés sur pied représentent une perte pour l'exploitant au cours de la première rotation. Il s'agit alors d'établir un bilan économique qui permettrait d'évaluer l'impact d'un éventuel relèvement du DME d'une essence donnée importante pour l'exploitant forestier. Seule une étude économique conduite en liaison étroite avec l'opérateur pourrait apporter les éléments d'appréciation chiffrés nécessaires à cette évaluation.

Le relevé du DME d'une essence de 80 à 100 cm (exemple) aboutirait à une diminution des recettes de l'entreprise, toutes choses égales par ailleurs. D'un autre côté, la diminution de

l'effort d'exploitation sur le Sapelli devrait conduire à une diminution des coûts d'exploitation. Quel sera le rapport entre la diminution des coûts et la baisse des recettes est la question à laquelle doit répondre le calcul économique, dans la stricte logique de l'analyse coûts-bénéfices. Précisons que, au moins dans un premier temps, cette analyse coûts-bénéfices doit être menée en supposant que 'toutes choses restent égales par ailleurs'.

En ce qui concerne les grumes, le manque à gagner correspondra au volume potentiellement commercialisable par exemple pour les billes de Sapelli entre 80 et 99 cm multiplié par une estimation d'un prix FOB moyen, celui-ci pouvant être une moyenne actualisée des cours sur les 10 dernières années dans cette classe de diamètre et avec une pondération suivant les qualités inventoriées sur le PEA.

On doit ainsi connaître l'utilisation des grumes par classe de diamètre et leur rendement usine ou leur prix de vente « grume » ainsi que la proportion des différentes qualités pour la ou les classe(s) de diamètre en jeu.

Après ce calcul, on doit ainsi *essayer* de faire en sorte que le solde entre le volume perdu par la remontée des DME et le volume reconstitué gagné après rotation soit positif. Il faut cependant garder à l'esprit que si le calcul de reconstitution sert à étaler la récolte sur plusieurs rotations de manière à pérenniser les recettes financières de l'entreprise et les retombées socio-économiques sur les populations locales sur plusieurs rotations, il sert aussi à maintenir un taux de régénération minimum.

Les DME calculés précédemment devront donc subir donc ce test. Si un solde négatif est trouvé, la remontée du DME est re-étudiée, mais la remontée de DME n'est pas forcément annulée !

Si il s'avère que la remontée du DME proposée génère un coût trop important pour l'entreprise, cette remontée sera re-envisagée avec l'exploitant forestier. Il se pourra par contre que les remontées des DME proposées ne gênent pas l'exploitant, ce dernier n'ayant pas de marché pour vendre ces grumes ou celles ci induisant des rendements trop faibles en usine.

Considérant toujours les résultats de l'UFA 10-046, pour l'exemple précédent (remontée des DME de 80 à 100 cm), le volume de ces arbres est de 5,53 m³ par ha, soit une différence de + 0,47 m³ par ha en trente ans. On aura « perdu » du bois lors de la première rotation pour maintenir une forêt largement productive et dont la régénération sera assurée au mieux.

Le tableau suivant (15) propose les valeurs pour les DME *réellement* remontés dans cette UFA.

Tab. 15 : Comparaison entre le volume perdu par les remontées des DME proposées dans l'UFA 10-046 et le volume reconstitué gagné après rotation

Essence	DME	Volume exploitable actuel (milliers de m ³ sur l'UFA)	% reconstitué	Différence (x 1000 m ³ sur l'UFA)	Volume reconstitué	Différence (x 1000 m ³ sur l'UFA)	Solde (x 1000 m ³ sur l'UFA)
Fraké	60	892,4	0,28		215,5		
	70	779,4	0,50	-113	368,6	1531	+40
Tali	50	388,4	0,08		13,3		
	80	219,5	0,53	-169	99,2	859	-83
Sipo	80	11,7	0,13		1,1		
	110	5,6	0,75	-6	4,5	33	-2,8
Kossipo	80	29,3	0,11		3,0		
	110	16,2	0,67	-13	8,4	54	-7,7

5.3. Le diamètre de fructification efficace

Les DME choisis doivent **dans tous les cas** être supérieurs au diamètre de fructification optimal des arbres, par espèce. Le diamètre optimal signifie que la majorité des arbres dans une classe de diamètre donnée doivent être semenciers et non pas seulement une partie, comme c'est le cas pour les Sapelli de moins de 80 cm de diamètre.

Malheureusement, les données sur les diamètres de fructification par essence sont peu nombreuses. Quelques données sont disponibles pour le Sapelli. D'autres études sont en cours : au Cameroun et en Centrafrique (ECOFAC Ngotto). De nouvelles études seront mises en place par le projet sur quelques essences phare telles que l'Ayous, Le Tiam, l'Iroko.

5.4. La régénération potentielle

Le relevé des jeunes tiges permet de connaître :

- l'impact de l'exploitation sur la régénération ;
- la régénération naturelle des essences dans les milieux non perturbés.

Des réglages pourront ainsi être faits dans l'intensité de l'exploitation en cas de constatation de non régénération d'une ou plusieurs essences importantes du point de vue commercial. Au contraire on pourra remarquer une abondance de plantules et de jeunes tiges qui atténueront les conclusions dues au pourcentage de reconstitution : une exploitation pourra relancer la régénération d'une espèce alors que celle-ci présentait au niveau de sa structure diamétrique une lacune dans les petites classes.

5.5. Dégâts induits sur le peuplement

L'exploitation en forêt naturelle prélève en moyenne 1 arbre par ha. Il importe d'un côté d'augmenter ce nombre pour mieux rentabiliser l'exploitation et éviter qu'elle ne soit trop consommatrice de surface de forêt. D'un autre côté, ce nombre ne doit pas dépasser un certain seuil au delà duquel les dégâts d'exploitation sur la forêt deviendraient trop importants.

D'après les observations réalisées en forêt (dispositif de M'baïki, placettes ECOFAC), la limitation du nombre de tiges à exploiter par hectare est de trois pieds, soit environ 40 m³/ha.

Cette limite doit être associée à une surface de référence soit par exemple 750 arbres par carré de 250 hectares (carré à définir en rapport avec les techniques d'exploitation de l'entreprise forestière). Cette technique nécessite des contrôles sur le terrain accrus et pas forcément compatibles avec les possibilités logistiques et de personnel du service forestier.

Une autre possibilité est d'agir via le DME, c'est à dire de vérifier que les nombre de tiges déclarées exploitables par les DME aménagement génèrent un nombre de tiges exploitables qui n'est pas supérieur à la limite fixée, dans le cadre des essences qui seront réellement exploitées.

Dans les deux cas, l'adéquation entre DME et nombre limite autorisé de tiges exploitables par hectare doit être vérifié.

5.6. Présence de porte graines en nombre suffisant

Il faut laisser un nombre de porte-graines suffisant par hectare ou par km² pour que la régénération puisse se faire, ceci en dehors du problème du diamètre de fructification efficace évoqué plus haut. Malheureusement, les données sur les distances de dissémination des différentes essences importantes commercialement sont trop rares. Les plans d'aménagement rédigés jusqu'à présent ne prévoyaient que des mesures de prudence en laissant un semencier par 10 hectares par exemple. On doit garder ce principe de prudence en gardant des arbres de diamètre supérieur au DME aménagement, ayant un houppier bien développé (ne pas laisser des arbres moribonds, ou cassés par l'exploitation).

Dans le plan d'aménagement de SESAM I, le nombre de porte graines à laisser sur le terrain préconisé est de une tige sur dix, ce qui ne pénalise pas l'exploitant puisque déjà dans sa pratique, il n'extraie en moyenne que 90 % des tiges exploitables.

Des études futures devront compléter ces mesures mais leurs résultats ne sont pas disponibles actuellement.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste de base des essences forestières inventoriées

Annexe 2 : Accroissements diamétriques connus

Annexe 1

Liste des essences forestières à inventorier

Liste d'espèces inventoriées

Espèce	Nom scientifique	Espèce	Nom scientifique
Acajou blanc	<i>Khaya anthotheca</i>	Kapokier	<i>Bombax buonopozense</i>
Acajou à grdes folioles	<i>Khaya grandifolia</i>	Kékélé	<i>Holoptelea brandis</i>
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Kodabema	<i>Aubrevillea kerstingii</i>
Ako A	<i>Antiaris africana</i>	Kossipo	<i>Entandrophragma candollei</i>
Angeuk	<i>Ongokea gore</i>	Kotibé parallèle	<i>Nesogordonia papaverifera</i>
Aniégré	<i>Aningeria altissima</i>	Kotibé	<i>Nesogordonia kabigaensis</i>
Avodiré	<i>Turreanthus africanus</i>	Koto	<i>Pterygota macrocarpa</i>
Ayous	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>
Azobé	<i>Lophira alata</i>	Limbali	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
Bahia (Abura)	<i>Mitragyna ciliata</i>	Longhi	<i>Gambeya spp. (africana+ autres)</i>
Bakoko	<i>Hannoa klaineana</i>	Mambodé	<i>Detarium macrocarpum</i>
Bété	<i>Mansonia altissima</i>	Manilkara/ Monghinza	<i>Manilkara bidenta</i>
Bilinga	<i>Nauclea diderrichii</i>	Mubala	<i>Pentaclethra macrophylla</i>
Bodioa	<i>Anopyxis klaineana</i>	Mukulungu	<i>Autranella congolensis</i>
Bossé clair	<i>Guarea cedrata</i>	Mutondo	<i>Funtumia elastica</i>
Bossé foncé	<i>Guarea laurentii</i>	Ngoula	<i>Pachyelasma tessmannii</i>
Bubinga	<i>Guibourtia demeussii</i>	Niové	<i>Staudtia kamerunensis</i>
Dabéma	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	Oboto	<i>Mammea africana</i>
Diana	<i>Celtis tessmannii</i>	Ohia	<i>Celtis mildbraedii</i>
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i>	Ohia parallèle	<i>Celtis zenkeri</i>
Difou	<i>Morus mesozygia</i>	Olon/Bongo	<i>Fagara heitzii/lemairei</i>
Doussié rouge	<i>Afzelia bipindensis</i>	Onzabili	<i>Antrocaryon klaineum</i>
Doussié pachyloba	<i>Afzelia bella</i>	Ossol	<i>Symphonia globulifera</i>
Ebène	<i>Diospyros crassifolia</i>	Padouk blanc	<i>Pterocarpus mildbraedii</i>
Ebiara edea	<i>Berlinia grandiflora</i>	Padouk rouge	<i>Pterocarpus soyauxii</i>
Ekoune	<i>Coelocaryon preussii</i>	Pao rosa	<i>Swartzia fistuloides</i>
Emien	<i>Alstonia boonei</i>	Parasolier	<i>Musanga cecropioides</i>
Essessang	<i>Ricinodendron heudelottii</i>	Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>
Essia	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>
Etimolé	<i>Copaifera mildbraedii</i>	Sougué à grandes feuilles	<i>Parinari excelsa</i>
Eveuss	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i>
Eyong	<i>Eribloma oblongum</i>	Tali Yaoundé	<i>Erythrophleum suaveolens</i>
Eyoum	<i>Dialium guineense</i>	Tchitola	<i>Oxystigma oxyphyllum</i>
Fraké	<i>Terminalia superba</i>	Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>
Fromager	<i>Ceiba pentandra/</i>	Tola	<i>Gossweilerodendron balsamiferum</i>
Iatandza	<i>Albizia ferruginea</i>	Wamba/Nkagha	<i>Tessmania africana</i>
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	Wamba foncé	<i>Tessmania lescrauwaetii</i>
Iroko	<i>Milicia excelsa</i>	Zingana	<i>Microberlinia brazzavillensis</i>

Annexe 2

Accroissements diamétriques connus

Tab. VI : Récapitulatif des accroissements diamétriques moyens de toutes les études disponibles en forêt dense Africaine, en mm/an

Pays	Ghana	Côte d'Ivoire		Côte d'Ivoire et Cameroun	Cameroun		République Centrafricaine			
Site et arbres considérés	Tous Ø	Forêt semi-décidue de Mopri (témoin) Ø 10-70 cm	Forêt sempervirente d'Irobo (témoin) Ø 10-70 cm		Sud-Est Forêt semi-décidue (A.P.I. Dimako)	Sud-Est Forêt de transition	Forêt semi-décidue PEA 169, ECOFAC	Forêt semi-décidue FAC 192	Forêt semi-décidue Sangha Mbaéré	Forêt semi-décidue Mbaïki (témoin) Ø 10-70 cm
Mode d'analyse	Circonf.	Circonf.	Circonf.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	Circonf.
Essence										
Acajou		4,2								3,4
Aniégré blanc		3,3								3,2
Ayous	8 à 10	9,4			13,8			9,2	11,1	4,8
Bossé Clair	2 à 3	2,9								
Dabéma	8 à 10	4,9								
Dibétou			4,9					7,6*		
Fraké / Limba					11,2			9,8		
Iroko	4 à 5							5,1*		
Kossipo	4 à 5			5,8*				5,1*	4,6*	
Kotibé	2 à 3	3,6								3,2
Longhi										3,6
Sapelli	4 à 5	2,8		3,4	6,4		5,8	4,8	3,9/ 4,7**	3,3
Sipo	4 à 5			3,7*				5,8	6,5*	
Tali			6,5						7,0*	4,5
Tiama	4 à 5			5,8*				4,6*	4,9*	2,5

A.C. = Analyse de cernes * = Effectifs faibles ** = Accroissement des arbres de 30 à 120 cm de diamètre.

En italique : (pour le projet API Dimako) les valeurs sont probablement surestimées

